



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia



Acreditación
Institucional de
ALTA CALIDAD

**DISEÑO DE UN MÓDULO DE ALBERGUE TEMPORAL DE LARGO PLAZO
PARA CLIMA CÁLIDO HÚMEDO POR MEDIO DEL METODO PASIVO PARA
PERSONAS EN ESTADO DE POST-EMERGENCIA.**

Caso de estudio desarrollado en el municipio de Magangué del departamento de Bolívar.

MAESTRANDO

Arq. Sebastián Tovar Toro¹

DIRECTORA TEMÁTICA

Arq. Mas. Sandra Ortiz Barragán²



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Vigilada Mineducación

MAESTRÍA EN DISEÑO SOSTENIBLE

TRABAJO DE GRADO

BOGOTÁ D.C

2021



¹ Arquitecto de la Universidad Católica de Colombia, Bogotá.

stovar00@ucatolica.edu.co – arq.stovart@gmail.com – sebastian.tovar@constructorabolivar.com

² MAS en Arquitectura y Desarrollo Sostenible. Especialista en Construcción y Arquitectura Sostenible. Asesora en Bioclimática y Eficiencia Energética. LEED AP BD+C / HQE International Referent / EDGE Expert.

sj.ortizbarragan@gmail.com



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the [license](#). [Advertencia.](#)

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



SinDerivadas — Si [remezcla, transforma o crea a partir](#) del material, no podrá distribuir el material modificado.

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia](#).

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C, 2021

Resumen

Los desastres naturales son una gran problemática a nivel mundial, en Colombia desde el año 1990 y hasta el 2020 se han presentado un total de 132 eventos naturales, que dejan una cifra de 12.172.427 de población damnificada. El suceso más reciente fue el ocurrido en noviembre de 2020, cuando el Huracán Iota impactó la Isla de Providencia, afectando un 98% de las edificaciones; la respuesta ante el desastre fue resguardar a las personas perjudicadas en carpas, coliseos y albergues temporales en los que se evidencian graves inconvenientes de hacinamiento, además de la carencia de diseño pasivo en dichos refugios, desfavoreciendo así el confort higrotérmico y visual de los albergados.

El objetivo de este trabajo es llevar a cabo el diseño de un módulo de albergue temporal para personas en estado de post-emergencia, por medio del método del diseño pasivo en clima cálido húmedo, que cumpla con los criterios de habitabilidad, eficiencia y equidad, vistos durante la maestría. El caso de estudio se localiza en Magangué en el departamento de Bolívar, el cual es uno de los más afectados por desastres naturales, principalmente por olas invernales. Para ello se desarrolla una metodología en la que se identifica: el lugar, las variables climáticas y el diseño del módulo, con una previa selección de estrategias de diseño pasivo, que se corroboran por medio de un sistema de prueba y error, hasta alcanzar el mejor resultado por medio del Software DesingBuilder. Como efecto, en primer lugar, se consigue un diseño que cumple con el estándar **Ashrae 55 de 2017** y con la norma **NC-ISO8995**, por otro lado, se constituye una metodología de diseño replicable en cualquier lugar del territorio colombiano, que al igual que Magangué, tenga clima cálido húmedo.

Palabras clave

Desastre Natural, Albergue temporal, Confort higrotérmico, Diseño pasivo, Emergencia.

Abstract

Natural disasters are a problem worldwide, in Colombia from 1990 to 2020 there have been a total of 132 natural events with a total of 12,172,427 of the affected population. The most recent event was the one that occurred in November 2020, where Hurricane Iota impacted the Island of Providencia, affecting 98% of the buildings. The answer was to house the affected people in tents, coliseums and temporary shelters, where there are evidence of overcrowding problems and a lack of passive design in the shelters, which favor the hygrothermal and visual comfort of the sheltered. The objective of this work is to generate a design for a temporary shelter module for people in a post-emergency state, by means of the passive design method in hot humid climate and it seeks to meet the criteria of habitability, efficiency and equity, seen during the master's degree. The case study is located in Magangué, because it belongs to the department of Bolívar, which is one of the most affected by natural disasters, mainly due to winter waves. For this, a methodology is developed in which the place, climatic variables, module design are identified with a previous selection of passive design strategies and they are corroborated with a trial and error method until the best result is achieved through the DesingBuilder Software. As a result, a design that complies with Ashrae 55 of 2017 and NC-ISO8995 is achieved and a replicable design methodology is built in Colombian Humid Warm Climate.

Key words

Natural Disaster, Temporary Shelter, Hygrothermal Comfort, Passive Design, Emergency.

Contenido

Contenido	Pág.
1. Introducción	12
1.1 Pregunta Problema	15
1.2 Hipótesis	15
1.3 Objetivos	15
1.3.1 Objetivo General	15
1.3.2 Objetivos Específicos.....	15
1.4 Diseño Metodológico	16
2. Estado del Arte.....	21
2.1 Criterios de habitabilidad, eficiencia y equidad	21
2.2 Antecedente histórico vivienda temporal de emergencia.....	21
2.3 Vivienda temporal de emergencia.....	24
2.3.1 Paper Log House	24
2.3.2 Longbag superadobe	27
2.4 Patentes – Diseño de módulos de emergencia temporal	28
2.4.1 Raised deck system for emergency isolation and treatment shelter (EITS).....	29
2.4.2 Modular deployable shelter for camps	32
2.4.3 Panorama en Colombia	35
2.4.3.1 Histórico, Principales Emergencias por desastres naturales en Colombia	36
2.4.3.2 Entidades de respuesta ante desastres naturales en Colombia	37
2.4.3.3 ¿Cómo se responde ante un Desastre Natural en Colombia?	38
2.4.4 Panorama Normativo en Colombia.....	39
Manual Estandarización de Ayuda Humanitaria de Colombia	41
2.4.5 Emergencias por desastres naturales en Colombia	42
2.4.6 Hábitat transitorio y vivienda para emergencia por desastres en Colombia, Universidad Nacional. 44	
2.4.7 Prototipo de albergue temporal en situación de emergencia en Bogotá, Universidad La Gran Colombia.....	46
2.4.8 Modelo de vivienda temporal, una solución post emergencia, Universidad Colegio Mayor de Antioquia.....	47
2.4.9 Casa Camaleón, Universidad del Valle.....	49
2.5 Conclusión	50
3. Marco de Referencia	54
3.1 Marco Conceptual – Teórico.....	54

	8
3.1.1 Desastre.....	54
3.1.1.1 Tipo de desastres.....	55
3.1.2 Albergues	57
3.1.2.1 Tipología de alberges:	58
3.1.3 Albergue Temporal:	59
3.1.3.1 Duración de un albergue temporal	59
3.1.3.2 Las 5 normas mínimas generales para a un albergue temporal:.....	60
3.1.3.3 Materiales utilizados en los módulos de albergues temporales en Colombia:	61
3.1.3.4 Diseño pasivo en albergues temporales:	62
3.1.4 Metodología del Diseño Pasivo	62
3.1.4.1 Estrategias de diseño pasivo	63
4. Análisis del sitio.....	66
4.1 Lugar	66
4.2 Análisis Variables Climáticas	67
4.2.1 Viento.....	68
4.2.2 Precipitación	69
4.2.3 Temperatura	70
4.2.4 Humedad	70
4.2.5 Día más cálido en Magangué.....	71
5. Identificación de estrategias.....	72
5.1 Implantación	72
5.1.1 Carta estereográfica.....	72
5.1.2 Orientación óptima.....	74
5.2 Confort (higrotérmico, visual)	75
5.2.1 Diagrama psicrométrico de Givoni	75
5.2.2 Tablas de Mahoney	76
5.3 Conclusión	77
6. Desarrollo y resultados	78
6.1.1 Diseño, Dimensiones del Módulo.....	78
6.1.2 Diseño, Morfología del Módulo.....	79
6.1.3 Diseño, Orientación del Módulo	82
6.1.4 Diseño, Ventilación Natural del Módulo	85
6.1.5 Diseño, Iluminación Natural del Módulo.....	88
6.1.6 Diseño, Materialidad del Módulo	90
6.1.7 Conclusión del diseño	91
6.2 Velocidad del aire exterior (CFD)	94

	9
6.3	Análisis del módulo propuesto..... 96
6.3.1	Parámetros de Zonificación Energética 96
6.3.2	Parámetros de análisis..... 99
6.4	Análisis y resultados 100
6.4.1	Confort higrotérmico (Ashrae 55, 2017)..... 100
6.4.2	Iluminación natural (NC-ISO 8995/CIE S 008: 2003)..... 106
7.	Conclusiones..... 109
8.	Referencias..... 115

Tabla de ilustraciones

Figura 1.	Riesgo mundial a desastres naturales resultado del cambio climático 12
Figura 2.	Riesgo a nivel Latinoamérica a eventuales desastres naturales. 12
Figura 3.	Nissen Huts..... 24
Figura 4.	Paper Log House – Kobe. Sakuma Takanobu. 25
Figura 5.	Paper Log House – India. Shodhan. 25
Figura 6.	Longbag superadobe..... 27
Figura 7.	Longbag superadobe..... 28
Figura 8.	Patente N°. 7.698,860..... 30
Figura 9.	Patente N°. 7.698,860..... 31
Figura 10.	Patente N°. 7.698,860..... 31
Figura 11.	Patente N°. 9,551,143..... 32
Figura 12.	Patente N°. 9,551,143..... 33
Figura 13.	Patente N°. 9,551,143..... 34
Figura 14.	Patente N°. 9,551,143..... 35
Figura 15.	Respuesta de albergue para personas afectadas por Huracán Iota..... 43
Figura 16.	Respuesta de albergue para personas afectadas por Huracán Iota..... 43
Figura 17.	Personas desplazadas afectadas y albergadas por huracán Iota. 44
Figura 18.	Reacciones de los sobrevivientes a un desastre natural. 45
Figura 19.	Propuesta Albergue temporal.. 48
Figura 20.	Propuesta Albergue temporal. 48
Figura 21.	Propuesta Casa Camaleón. 50
Figura 22.	Vista aérea del Municipio de Magangué..... 66
Figura 23.	Clasificación del clima en Colombia según temperatura y humedad relativa..... 67
Figura 24.	Dirección promedio vientos anual..... 68

	10
Figura 25. Precipitación promedio anual.	69
Figura 26. Temperatura de bulbo seco anual.	70
Figura 27. Humedad relativa anual.	71
Figura 28. Día más cálido del año.	72
Figura 29. Carta estereográfica Magangué.	73
Figura 30. Mejor Orientación.	74
Figura 31. Diagrama psicrométrico de Givoni.	75
Figura 32. Propuestas de diseño de dimensiones del módulo de albergue temporal.	78
Figura 33. Propuesta de diseño de morfologías del módulo de albergue temporal.	80
Figura 34. Estudio Solar Módulo de Emergencia Albergue Temporal.	84
Figura 35. Propuesta de diseño de ventilación natural del módulo.	85
Figura 36. Propuesta de aperturas para iluminación natural.	88
Figura 37. Materialidad, Módulo (A) y Módulo (B).	90
Figura 38. Módulo de Emergencia Albergue Temporal, Toma 1.	92
Figura 39. Módulo de Emergencia Albergue Temporal, Toma 2.	93
Figura 40. Módulo de Emergencia Albergue Temporal, Toma 3.	93
Figura 41. CFD Vista en Planta - Exterior vs Planta Libre del Módulo.	94
Figura 42. CFD Vista en Planta - Exterior vs Módulo.	95
Figura 43. CFD Vista en Alzado Frontal - Exterior vs Planta Libre y Modulo.	96
Figura 44. Zonificación Módulo.	97
Figura 45. Horario y frecuencia de ocupación.	97
Figura 46. Ventilación Natural.	98
Figura 47. Iluminación Natural.	98
Figura 48. Rango de Confort Higrotérmico, método adaptativo para Magangué.	99
Figura 49. Confort – Módulo Interno.	100
Figura 50. CFD Vista en Alzado Posterior - Interno	102
Figura 51. CFD Vista en Alzado Derecho – Interno, día.	102
Figura 52. Confort – Módulo Interno.	103
Figura 53. Tipologías del módulo en el albergue.	104
Figura 54. Iluminación natural día claro.	107
Figura 55. Iluminación natural día nublado.	108

Tabla de gráficas

Gráfica 1. Metodología.....	15
Gráfica 2. Dimensiones, 6m x 3,5m vs 5m x 4,2m vs 7m x 3m.....	65
Gráfica 3. Forma, D Altura vs C Inclinas vs M Occidental Inclinado.....	66
Gráfica 4. Dimensiones, Forma Base 6m x 3,5m vs Unión de Formas.....	67
Gráfica 5. Orientación, Norte – Sur vs Orientación, Oriente - Occidente.....	68
Gráfica 6. Ventilación, Efecto chimenea vs Convección Chimenea vs Base.....	71
Gráfica 7. Ventilación, Base vs Estrategias de ventilación unificadas.....	72
Gráfica 8. Ventilación, Base Ven Unificado vs B Ventilación Unificado + Estrategias Con Pla.....	73
Gráfica 9. Apertura 70% vs Apertura 35% vs Apertura 15%.....	74
Gráfica 10. Materialidad, Módulo (A) y Módulo (B).....	76
Gráfica 11. Materialidad, Módulo (A) y Módulo (B).....	77
Gráfica 12. Comparativa Módulo Solo vs Módulo Medianero.....	90

Tabla de tablas

Tabla 1. Población afectada por desastres naturales en Colombia.....	12
Tabla 2. Manual Estandarización de Ayuda Humanitaria de Colombia.....	51
Tabla 3. Confort – Módulo Interno.....	86
Tabla 4. Confort – Módulo Interno, mensual.....	88
Tabla 5. Confort – Comparativa Módulo Solo vs Módulo Medianero.....	91
Tabla 6. FLD Promedio día más claro.....	92
Tabla 7. FLD Promedio día nublado.....	93

1. Introducción

Según Maplecroft (2011), Colombia se encuentra en riesgo extremo de vulnerabilidad al cambio climático a nivel mundial, esto significa que el país tiene una mayor amenaza ante desastres naturales producto del cambio climático, principalmente en la región caribe (Ver figura1). Adicionalmente según Maplecroft (2011), Colombia presenta un peligro extremo a eventuales catástrofes naturales a nivel Latinoamérica, lo cual se ha evidenciado en los últimos años, con casos como el huracán Iota en 2020 en Providencia, o la ola invernal de 2010 y 2011 que afectó todo el territorio nacional.

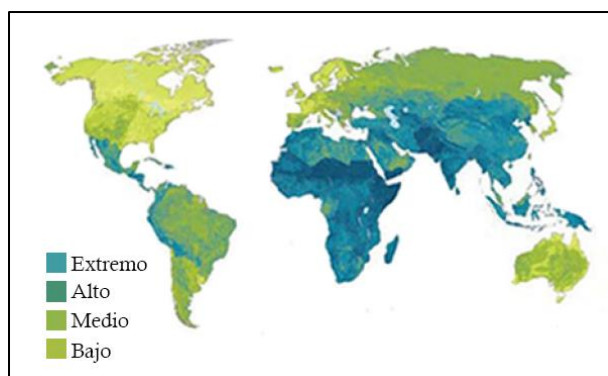


Figura 1. Riesgo mundial a desastres naturales resultado del cambio climático. Maplecroft. 2011. CC BY-SA.



Figura 2. Riesgo a nivel Latinoamérica a eventuales desastres naturales. Maplecroft. 2011. CC BY-SA.

En Colombia, según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), desde el año 1990 y hasta el año 2020, se han presentado un total de 132 eventos naturales, que dejan una cifra de 12.172.427 de población damnificada, los desastres por imprevistos de índole natural más destacados y que más han afectado a la población colombiana en dicho período son:

Desastre Natural	Número	Muertos	Población Afectada
Terremotos	23	3 593	1 329 271
Inundaciones generalizadas	35	1 685	10 745 738
Movimientos de masas: deslizamientos	37	2 848	55 054
Erupciones volcánicas	11	22 826	42 364

Tabla 1. Población afectada por desastres naturales en Colombia. Elaboración propia. 2021. CC BY-NC-ND.

Se evidencia que los tres siniestros naturales que más han perjudicado la vivienda colombiana son (UNGRD, pág. 35):

1. Inundaciones, con un porcentaje de afectación de un 43%
2. Terremotos, con un porcentaje de afectación de un 28%
3. Deslizamientos, con un porcentaje de afectación de un 10%

Si bien en el país, existen diferentes planes de acción para mitigar el impacto de los desastres naturales los cuales se encuentran estandarizados y definidos, se evidencia que demandan mejoras, mostrando así, que las estrategias dispuestas por las diferentes entidades, para prevenir dichas eventualidades, no exponen una línea de conducta clara, ante la situación de construcción de albergues de manera temporal, para la población damnificada.

Según el Departamento Nacional de Planeación (DNP) (2010), en Colombia, durante el fenómeno de la niña, se reporta un incremento en desastres naturales asociados con lluvias del 16.1%, a lo largo de éste, se eleva el riesgo de inundaciones, deslizamientos y avalanchas.

La región Caribe, según Maplecroft (2011), se encuentra en posición de riesgo extremo por desastres naturales a causa del cambio climático, los tres departamentos más afectados en el Caribe colombiano en orden descendente son: Bolívar con 331.046 personas afectadas, Magdalena con 235.509 damnificados, y Córdoba con 199.478 personas perjudicadas. (DANE, 2011, pág. 22).

En los últimos años el departamento de Bolívar ha ocupado el primer lugar de afectación, debido a las inundaciones; Según reportes de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres UNGRD, para el 2007 se reportaron 348.393 damnificados, en el 2008 el total fue de 367.588 y para el período 2010 - 2011, la cifra se incrementó a 445.000 personas, aproximadamente. (UNGRD, 2012, pág. 6)

Como lo señala el Sistema de información ambiental de Colombia (SIAC) (2019), durante los fenómenos de la niña que tuvieron lugar en el período comprendido entre el año 2010 al 2011, se reportaron inundaciones a lo largo del departamento de Bolívar, que afectaron principalmente a los municipios: Achis, Mompo y Magangué. A esto debemos agregar que según la resolución 549 de 2015 en su anexo No. 1: “Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones”, el departamento de Bolívar se encuentra clasificado en el clima cálido húmedo, en el que predomina el exceso de calor que a su vez aumenta por la alta humedad.

Tal como lo advierte el DNP (2012), en el Plan integral de ordenamiento ambiental y desarrollo territorial de la región de La Mojana en la página 47, se evidencia que Magangué es uno de los municipios más afectados del departamento de Bolívar, desde 2007 hasta 2011, se han visto damnificadas aproximadamente un total de 158.750 personas por inundaciones.

1.1 Pregunta Problema

¿Cómo responder ante las necesidades de alojamiento post-emergencia de poblaciones afectadas por desastres naturales en clima cálido húmedo colombiano, atendiendo criterios de habitabilidad, eficiencia y equidad? Caso de estudio: municipio de Magangué, Colombia.

1.2 Hipótesis

Los criterios de habitabilidad, eficiencia y equidad de la sostenibilidad, permiten por medio del método del diseño arquitectónico pasivo, definir un módulo de refugio temporal de desarrollo comunitario en clima cálido húmedo, dirigido como caso de estudio a la población en situación de vulnerabilidad de Magangué, que permita construir un entorno con condiciones confortables sanas y dignas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar un módulo de albergue temporal de desarrollo comunitario para personas vulnerables en estado de post-emergencia, por medio de la propuesta de un método de diseño arquitectónico pasivo que cumpla con los principios de habitabilidad, eficiencia y equidad, en Magangué.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Construir una metodología de diseño pasivo para módulos de albergue temporal en clima cálido húmedo colombiano.
- Identificar las situaciones de hacinamiento a las cuales está sometida la población en los albergues temporales en estado de post-emergencia.

- Seleccionar las estrategias del método de diseño arquitectónico pasivo, que generen soluciones de confort higrotérmico y visual en el módulo de albergue temporal.

1.4 Diseño Metodológico

La siguiente propuesta metodológica busca dar cumplimiento al primer objetivo específico planteado en este trabajo de grado, y desarrollar el diseño de un módulo de albergue temporal en el clima cálido húmedo colombiano, como caso de estudio el municipio de Magangué, por medio de estrategias de diseño arquitectónico pasivo, identificando las mejores opciones para la creación de la propuesta arquitectónica, que cumpla con los principios de habitabilidad, eficiencia y equidad, vistos durante la maestría.

Es importante resaltar que los análisis climáticos evidenciados en esta metodología se realizaron por medio del software DesignBuilder, considerando las estrategias de diseño pasivo, se obtienen resultados de las simulaciones obtenidas de diferentes variables morfológicas del módulo, arrojando la mejor estrategia a utilizar para alcanzar el resultado deseado.

Como se evidencia en la gráfica 1 la metodología propuesta para esta investigación de trabajo de grado se compone de 6 fases: Investigación, Análisis del Lugar, Identificación de Estrategias, Simulación, Selección de variables y Resultados.



Gráfica 1. Metodología. Elaboración propia. 2021. CC BY-NC-ND.

Fase I: Investigación.

La investigación es la fase preliminar en cualquier propuesta o innovación que se desee plantear, lo cual se ha evidenciado a lo largo de la maestría, y busca identificar el estado actual del campo en que se desea profundizar, por lo cual en esta fase se recolecta toda la documentación teórica y estado del arte, que ayude a corroborar las ideas iniciales e intereses particulares en la propuesta de diseño inicial, evitando replicar deficiencias en proyectos ya diseñados, patentados o construidos; también buscando aprender de las buenas prácticas implementadas en ellos, con el fin de respaldar el resultado expuesto en este documento.

Adicionalmente en esta fase se investiga todo lo relacionado con la normatividad que se puede aplicar al diseño del módulo de emergencia, así mismo se identifican las entidades que regulan e instauran políticas, manuales o estándares definidos para la construcción o diseño de estos módulos, que se deben contemplar y analizar al momento de realizar la propuesta.

Fase II: Análisis del Lugar.

En segunda instancia se identifica el lugar en el cual se realizará esta propuesta, por lo tanto, se define para ser aplicado en el clima cálido húmedo colombiano, debido a que éste conforma más del 75% de Colombia, lo cual permite replicar este modelo en gran parte del territorio nacional. Se identifica que el departamento de Bolívar es un exponente claro del clima cálido húmedo, adicionalmente posee índices altos de riesgo en desastres naturales, principalmente ocasionados por inundaciones y deslizamientos. Identificando así que Magangué es uno de los municipios con mayor amenaza a las oleadas invernales, deslizamientos y crecientes de ríos en el departamento de Bolívar. Adicionalmente Magangué es un claro ejemplo del típico clima cálido húmedo colombiano y es el caso de estudio, al tener las características idóneas para esta investigación.

Esta investigación se inicia con la recolección de información de variables climáticas de Magangué, por medio del software Meteonorm Versión 8, por medio del cual se obtienen las referencias climáticas del municipio, gracias a que este programa procesa los datos recopilados por las diferentes estaciones meteorológicas a nivel mundial. Para este caso en particular, se emplearán los reportes de la estación No. 25025100 que se encuentra localizada en el Aeropuerto Baracoa, y se reconoce como estación meteorológica climática principal para el municipio de Magangué.

El archivo obtenido mediante Meteonorm Versión 8, se interpreta a través del software Weather Tool, el cual permite analizar las diferentes variables climáticas, en este caso en particular se analizaron la velocidad de los vientos, precipitación, humedad relativa, temperatura máxima y mínima a lo largo del año, variables necesarias para lograr el confort higrotérmico del módulo de emergencia. Adicionalmente se realiza un análisis del comportamiento de estas 4 variables climáticas en el día más cálido en Magangué (18 de junio, con una temperatura máxima de 34 °C), el cual se considera el extremo y el posible día con más discomfort para los pobladores del municipio.

Fase III: Identificación de estrategias.

En esta fase se identifican las mejores estrategias de diseño pasivo a utilizar para desarrollar la propuesta del módulo de emergencia, considerando las diferentes variables climáticas analizadas en la Fase II, se utilizan como herramientas las Tablas de Mahoney y el Diagrama psicométrico de Givoni. Estas permiten identificar que las posibles estrategias a utilizar son: orientación que favorezca la circulación de aire interna del módulo, dimensiones de vanos de ventanas, protección de aberturas, espacio entre edificios y materialidad, lo que generará un adecuado confort

higrotérmico en la propuesta.

Los resultados de estas dos herramientas se corroboran con los datos analizados por medio del software Weather Tool y se identifican 6 estrategias a utilizar:

- ✓ Diseño, dimensiones del módulo
- ✓ Diseño, morfología del módulo
- ✓ Estudio Solar con la mejor orientación del módulo
- ✓ Ventilación Natural del módulo
- ✓ Porcentaje de apertura (Iluminación y ventilación natural)
- ✓ Materialidad del módulo

Fase IV: Simulación.

Para esta fase se utiliza el software DesignBuilder, el cual es alimentado con la base de datos de Meteonorm Versión 8, en este software se modelan las diferentes variables morfológicas del proyecto, Arrojando posibles resultados para ser comparados.

Se realizan diferentes rondas de simulaciones con cada una de las estrategias identificadas en la Fase III, con variaciones morfológicas, eligiendo en cada estrategia la variable o combinación de variables que más se aproxime al resultado esperado. Para así ir sumando los mejores resultados en cada una de las estrategias y alcanzar el resultado más acertado.

Fase V: Selección de variables.

En la Fase V se seleccionan los mejores resultados obtenidos en la Fase IV y se unifican en un único diseño; una vez lograda esta unificación se realiza una simulación final, en la cual se corroboran los resultados obtenidos y al ser satisfactorios, se da por finalizada esta fase, pero en caso tal de no serlo se debería volver a revisar la Fase IV.

Fase VI: Resultados.

Para esta última fase, se verifican los resultados obtenidos en las simulaciones de la Fase V, los cuales son contrastados para identificar si dichos resultados son adecuados y cumplen con el objetivo planteado, esta verificación está conformada por tres Sub-Fases.

Sub-Fase 1: Parámetros de Zonificación Energética

Se inicia con la verificación y cumplimiento del área mínima por persona y los horarios de ocupación, permitiendo así identificar espacios de mayor carga energética y horas críticas en el interior del módulo.

Sub-Fase 2: Parámetros de Análisis

Se identifica la periodicidad con la cual se realizan las simulaciones, adicionalmente se aclara la normativa de cumplimiento para lograr el confort higrotérmico y visual (ASHRAE 55, 2017 y NC – ISO 8995/CIE S008: 2003).

Sub-Fase 3: Análisis de Resultados

Para finalizar con los resultados de las simulaciones se generan unas tablas estadísticas, considerando el día más cálido, los valores mensuales y los valores anuales, en los cuales se demarcan las horas que presentan disconfort higrotérmico y visual logrando así identificar el cumplimiento de las normas propuestas en la Sub-Fase 2.

Al comprobar los resultados por medio de estas Sub – Fases se logra definir qué tan cerca se encuentra dicho modelo de lograr el confort deseado; también permite generar un acercamiento al diseño necesario para dicho cumplimiento, contemplando una propuesta inicial de materialidad y forma para el modelo.

2. Estado del Arte

En este apartado se expondrá la tendencia que ha definido a los albergues temporales en la historia, y cómo ha evolucionado hasta la actualidad; adicionalmente, se identificarán referentes actuales e históricos, que han logrado mitigar el hacinamiento, a través de la implementación de estrategias de diseño pasivo en sus propuestas; se compararán dichos resultados con el panorama actual colombiano frente a la respuesta a situaciones de emergencia por medio de albergues temporales analizados, teniendo como punto de referencia los criterios de habitabilidad, eficiencia y equidad.

2.1 Criterios de habitabilidad, eficiencia y equidad

Como primera instancia, la habitabilidad se define como el cumplimiento de las condiciones mínimas de salud y confort en los edificios, por otro lado, la eficiencia hace referencia a la minimización del uso de recursos convencionales por medio de diseño pasivo; además, también se entiende como eficiencia el lograr producir recursos que provengan de la misma edificación y que favorezcan a sus ocupantes, por último, el criterio de equidad se entiende como justicia social, debido a que es imprescindible dar soluciones a la sociedad sin desvirtuar sus derechos, en otras palabras, consiste en suplir las necesidades de la población, sin importar su condición social, política o de cualquier otra índole.

2.2 Antecedente histórico vivienda temporal de emergencia

La vivienda mínima

Según Uribe et al. (2020), se puede concluir que: Como predecesor de las unidades habitacionales de emergencia, albergues o módulos temporales de atención inmediata, surge el

concepto de vivienda mínima, mal conocida como vivienda obrera, la cual se manifiesta alrededor de los años 20, después de finalizar La Primera Guerra Mundial, en respuesta al déficit económico generado por la guerra en Europa, que a su vez hace evidente la premura de reconstruir las ciudades afectadas; Es allí donde en el movimiento moderno de la arquitectura, se generan diferentes propuestas para responder a la necesidad masiva de vivienda.

Este tipo de vivienda se caracteriza por: ser dirigida a la población vulnerable, ser más efectiva en su proceso constructivo al convertirse en un proceso industrializado, modular y contar con los espacios mínimos de habitabilidad.

Este principio permite a futuro, plantear diferentes opciones para atender necesidades habitacionales de forma inmediata ante diversas problemáticas, ya sea por catástrofes naturales, migración de refugiados o cualquier eventualidad que obligue a la reubicación de un grupo de personas afectadas.

Por otro lado, según Molina (2014), algunos de los arquitectos que en la modernidad tratan el concepto de vivienda mínima son:

Le Corbusier, quien, con su participación en el Congreso Internacional de Arquitectura Moderna, rescata que la vivienda mínima de calidad debería cumplir con diferentes aspectos de diseño, que en la actualidad son abordados por medio del diseño pasivo, reflejados en:

- ✓ Privacidad (Sonora)
- ✓ Iluminación
- ✓ Ventilación
- ✓ Eficiencia constructiva
- ✓ Flexibilidad espacial

Cabe resaltar que según May (1930), cinco años de actividad de la vivienda en Frankfurt Am Main, plan de vivienda que se tiene proyectado a diez años y en el que se exponen nueve parámetros fundamentales para el diseño de la vivienda mínima, se deben clasificar las necesidades fundamentales de las unidades habitacionales de emergencia; el arquitecto Ernst May resalta entre otras, la necesidad de la privacidad según sexo y edad de quienes la habitan, la importancia de las zonas comunes como espacio de esparcimiento y salud mental, y la prioridad que debe tener el hecho de generar espacios de servicios adecuados para los habitantes de la vivienda.

Además, en la publicación de Karel Teige, *The Minimum Dwelling*, sobresale que el arquitecto busca independizar los espacios de la vivienda, de la siguiente forma:

- ✓ Entrada y espacios de circulación
- ✓ Espacios de uso doméstico
- ✓ Espacios sanitarios
- ✓ Espacios para habitar

Se resalta esta propuesta, debido a que, el sectorizar las áreas en la vivienda de esta forma, no solo optimiza el uso del espacio, también garantiza una ocupación adecuada, sin importar el tamaño de la misma.

La vivienda militar como albergue de emergencia

Según Uribe, Escobar y Jiménez (2020), se puede concluir: Como consecuencia a La Segunda Guerra Mundial, la destrucción masiva de las ciudades europeas fue la mayor de la historia, superando incluso a las cifras arrojadas en la Primera Guerra Mundial. Este hecho conllevó a un déficit de vivienda alarmante, debido a la destrucción de las mismas en la guerra.

Ante esta carencia, la respuesta de atención inmediata al déficit habitacional fue aportada por el ejército del bando ganador, ellos permitieron utilizar una estructura militar conocida como

Nissen Huts (Ver figura 3), estas cabañas se convirtieron en las primeras viviendas de emergencia; básicamente, tenían forma de una especie de cilindro, la cubierta, que llegaba hasta el suelo, era de acero corrugado y la estructura era en forma de arco de madera.



Figura 3. Nissen Huts. Wikimedia Commons. 2011. CC BY-SA.

2.3 Vivienda temporal de emergencia

La vivienda de emergencia es la respuesta diseñada por grupos de profesionales, en su mayoría ingenieros y arquitectos, ante la escasez de refugio en situaciones de desmovilización masiva o eventuales desastres naturales.

A continuación, se presentan dos módulos utilizados a nivel mundial para dar solución a las necesidades de emergencia habitacional, se analizan los aportes a la sostenibilidad, especialmente reflejados en estrategias de diseño pasivo que se consideran fueron implementados en estos proyectos.

2.3.1 Paper Log House

- **Descripción:**

Fue diseñada y desarrollada en 1995 por el arquitecto japonés Shigeru Ban, (Ver figura 4 y 5) con el objetivo de ser utilizado en diferentes emergencias, su flexibilidad de adaptación ha permitido que se lleve a cabo en diferentes lugares como: Kobe, Japón, en 1995; Kaynasli, Turquía, en 1999; Burj, India, en 2001; Haití, en 2010 y en Filipinas, en 2014.

- **Situación de emergencia:**

Respuesta a emergencias naturales, principalmente ocasionadas por terremotos y por la necesidad de dar alojamiento a los refugiados.

Paper Log House - Kobe, Japón (1995)



Figura 4. Paper Log House – *Kobe*. Sakuma Takanobu. Archdaily. 2001. Copyright ©.

Paper Log House - India (2001)



Figura 5. Paper Log House – *India*. Shodhan. Archnet. 2001. Copyright ©.

- **Sostenibilidad:**

Su materialidad es local, principalmente se compone de canastas plásticas de cerveza o gaseosa, tubos de cartón, láminas de madera prensada, escombros, plástico para la cubierta y sacos de arena, es importante mencionar que los materiales utilizados en los módulos, son fáciles de transportar. Los módulos son espacios de desarrollo comunitario, pueden ser construidos por los pobladores damnificados, en compañía de equipo calificado, y se caracterizan por ser de rápida fabricación. Éstos se acoplan, generando un albergue de emergencia temporal que, al ser implantados sobre canastas plásticas o escombros, generan un menor impacto en su adaptación.

Los utilizados en Japón y en India, destacan por utilizar la estrategia de diseño pasivo de ventilación cruzada, debido a sus aberturas en las ventanas y en la parte superior de los muros, orificios que simulan un muro calado, dicha táctica, además de aportar la renovación de aire necesaria en un espacio, permite reducir la temperatura en el interior de forma natural, y minimiza la posibilidad de que se presenten humedades o problemas por condensación, derivada de la variación de temperaturas que se puede presentar dentro del albergue.

Otro punto considerable es que nunca son instalados sobre una superficie sin ser tratada antes, los usados en Japón, son ubicados sobre canastas de cerveza o gaseosa, esta elevación permite reducir la temperatura interna de los módulos, además de evitar que la humedad del terreno pueda afectar la base de los mismos. El módulo facilita la vida comunitaria, evitando el hacinamiento, condición que realza las ventajas sociológicas y genera una respuesta adaptable al paisaje.

2.3.2 Longbag superadobe

- **Descripción:**

Diseñado y desarrollado por el arquitecto iraní Nader Khalili, (Ver figura 6). con el objetivo de atender diferentes emergencias, se ha utilizado en diversas partes del mundo, entre ellas en Medellín, Colombia con fines de vivienda sostenible. El módulo Long bag superadobe se reconoce por ser económico y de fácil construcción, cumple con los estándares establecidos por la Agencia de la ONU para los refugiados, ACNUR.

- **Situación de emergencia:** Respuesta a emergencias naturales y suplir la carencia de alojamiento para personas afectadas.



Figura 6. Longbag superadobe. CalEarth. 2013. CC BY-NC-ND.

- **Sostenibilidad:**

La materialidad del proyecto es económica y de fácil acceso para los afectados, principalmente se componen de arena húmeda, sacos para contenerla, alambre, hilo y palas. El esquema es de desarrollo comunitario, por esta razón puede ser construido por las mismas personas damnificadas en compañía de personal calificado.

El diseño del módulo es abovedado con una cúpula en el techo (Ver figura 7), esta cúpula posee una abertura superior, la cual utiliza la estrategia de ventilación conocida como efecto chimenea, que favorece tanto a la renovación de aire interna, como a la salud de los ocupantes.



Figura 7. Longbag superadobe. CalEarth. 2013. CC BY-NC-ND.

2.4 Patentes – Diseño de módulos de emergencia temporal

Se analizaron 8 patentes de módulos de emergencia donde se identificaron los aportes a la sostenibilidad, especialmente reflejados en estrategias de diseño pasivo que se consideran fueron implementados para su realización. La búsqueda de las patentes se realizó por medio de Google Patents:

- ✓ Modulo bypass, WO2014016443A1
- ✓ **EITS, US 7.698,860 B2**
- ✓ **Modular deployable shelter for camps, US 9,551,143 B2**
- ✓ Modular adaptable housing architecture, US 9,388,564 B2
- ✓ Artefacto flotante residencial, WO 2015/114173 A1
- ✓ Shelter building, US8776449B1
- ✓ US8272175B1, Secure modular shelter apparatus
- ✓ WO2013018872A1, Voluntarily mobile, limited-functionality daily life shelter

Al identificar los ocho modelos se realizó la lectura de sus aportes en la sostenibilidad, por medio de los tres principios aprendidos en la carrera: habitabilidad, eficiencia y equidad. Al realizar esta lectura y clasificación, se identifican cuales aportan más a la innovación arquitectónica y al diseño sostenible, que puedan fortalecer el estado del arte del documento, llegando a la selección de dos patentes que se presentan a continuación.

2.4.1 Raised deck system for emergency isolation and treatment shelter (EITS)

- **Datos generales:**

País: Estados Unidos

Patente No: US 7.698,860 B2

Fecha de publicación patente: 20 de abril de 2010

Inventor(es): Timothy J. Hockemeyer y O. David Rogers

- **Descripción:**

Es un refugio de emergencia temporal, conformado por un sistema de cubierta elevada para garantizar la adaptabilidad al terreno.

- **Sostenibilidad:**

No se especifica en detalle qué tipo de materialidad se utiliza, sin embargo, se identifica que son elementos prefabricados, posiblemente de aglomerados de madera y estructura metálica. Como cimentación utiliza un conjunto de 4 patas ajustables por modulo, sistema que permite la adaptabilidad al terreno (Ver figura 8), el diseño de las patas ajustables se asemeja a los parales metálicos utilizados en la construcción convencional colombiana, los cuales se acoplan a la

altura del entrepiso que se desea construir, para así poder fundir las respectivas placas.

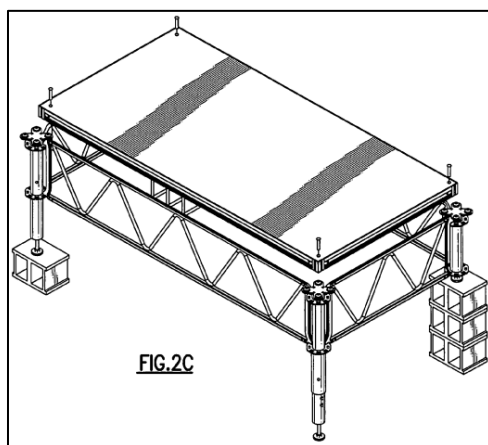


Figura 8. Patente N°. 7.698,860. Hockemeyer, T. y Rogers, O. 2010. CC BY-NC-ND.

Un módulo se conforma de 4 patas ajustables, estas permiten soportar una plataforma y nivelarla según la necesidad del terreno, dichos módulos de plataforma se pueden unir por medio de una armadura inferior, con el fin de generar diferentes alturas que le den la facultad de adaptarse al terreno.

La facilidad de ensamble y la parametrización del diseño, constituyen una unidad de alojamiento temporal conformada por cuatro módulos (Ver figura 9) que optimizan el espacio de implantación. Estas unidades se pueden anclar unas con otras, dando la posibilidad de hacer recorridos entre ellas, y de esta manera materializar un refugio de módulos de alojamiento transitorio (Ver figura 10), este diseño de refugio de emergencia temporal proporciona un mayor aprovechamiento del uso del terreno.

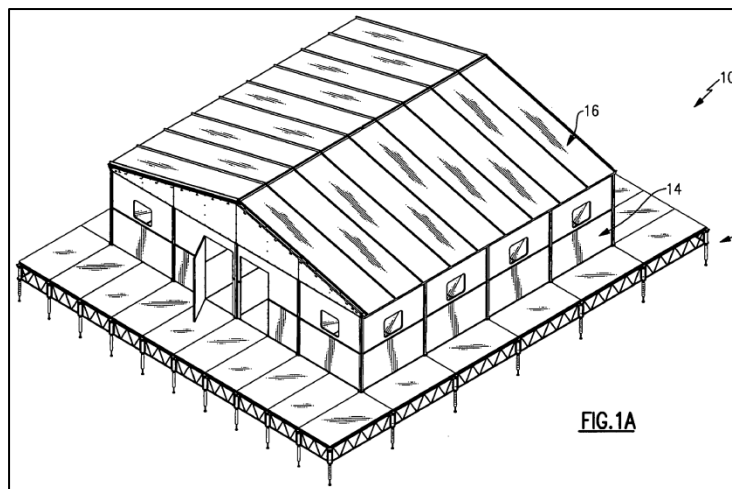


Figura 9. Patente N°. 7.698,860. Hockemeyer, T. y Rogers, O. 2010. CC BY-NC-ND.

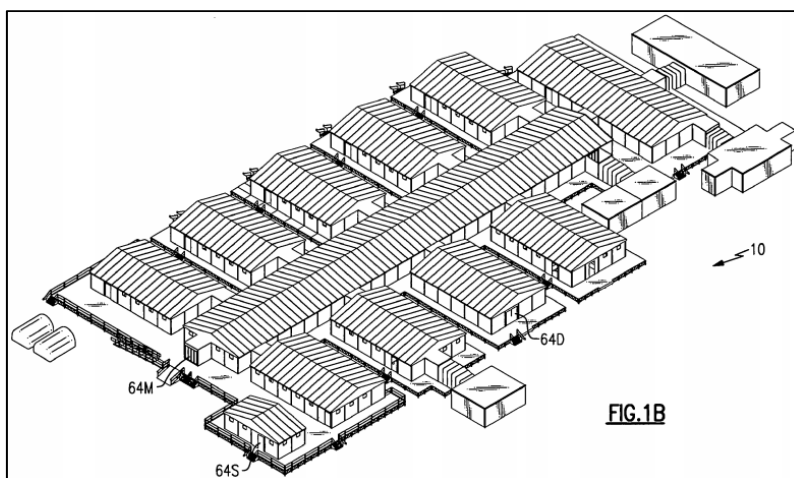


Figura 10. Patente N°. 7.698,860. Hockemeyer, T. y Rogers, O. 2010. CC BY-NC-ND.

En el documento de la patente no se describe ninguna estrategia de diseño pasivo, sin embargo, se analiza que es puesta en práctica la estrategia de ventilación natural conocida como refrigeración. Si bien, no se especifica el número de personas que pueden albergar el espacio, se evidencia que crear módulos tan cercanos entre sí, pueden favorecer al hacinamiento, hecho que no solo afecta las renovaciones de aire necesarias en los espacios, sino que también acentúa la contaminación auditiva y aumenta la posibilidad de situaciones de abuso con la población vulnerable.

2.4.2 Modular deployable shelter for camps

- **Datos generales:**

País: Estados Unidos

Patente No: US 9,551,143 B2

Fecha de publicación patente: 24 de enero de 2017

Inventor(es): Pedro Sáez Blaya

- **Descripción:**

Es un refugio modular desplegable para campamentos semipermanentes, que permiten un rápido montaje de alta resistencia estructural.

- **Sostenibilidad:**

El concepto de diseño se centra en las tiendas de campaña, y logra recuperar la facilidad de ensamble y construcción de las mismas, lo cual permite dar una respuesta rápida ante la necesidad de los refugios (Ver figura 11).

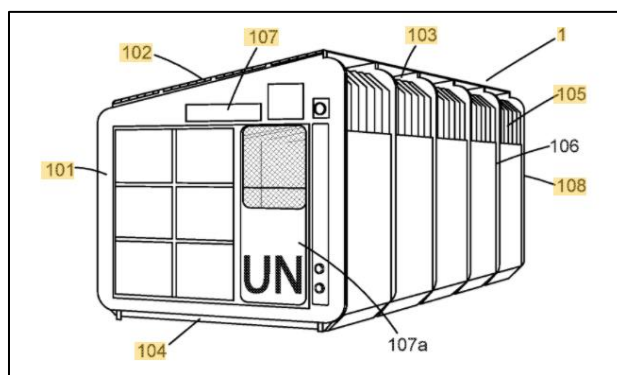


Figura 11. Patente N°. 9,551,143. Sáez, P. 2017. CC BY-NC-ND.

Se estructura por medio de un cuerpo de material flexible, impermeable e ignífugo. Se caracteriza por ser un elemento plegable, propiedad que facilita su transporte, una vez se encuentra

desplegado, toma una forma trapezoidal, con una placa de techo rígida (que también se pliega junto al modelo al momento de tener que ser movilizada o almacenada), el suelo del módulo también es maleable, pero a su vez es rígido, los muros de igual manera son flexibles y plegables y tienen una estructura de fuelle con un reforzamiento longitudinal, refuerzos de marcos rígidos similares a una estructura porticada, los muros delantero y trasero se componen de paneles rígidos, el delantero cuenta con una abertura habilitada para el acceso. (Ver figura 12).

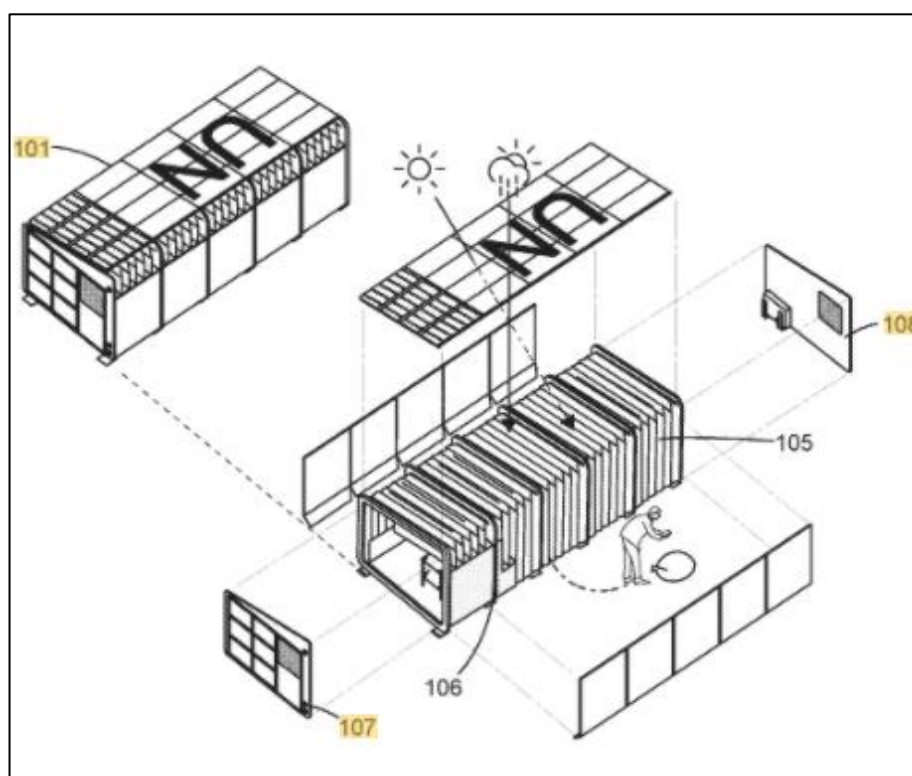


Figura 12. Patente N°. 9,551,143. Sáez, P. 2017. CC BY-NC-ND.

Se puede transportar en contenedores (Ver figura 13), debido a que el elemento se puede plegar, permitiendo así la facilidad de traslado de varios módulos en un solo contenedor; no se indica la cantidad de personas necesarias para cargar o descargar el contenedor con cada uno de los módulos, sin embargo, se intuye que es posible moverlos entre un par de personas.

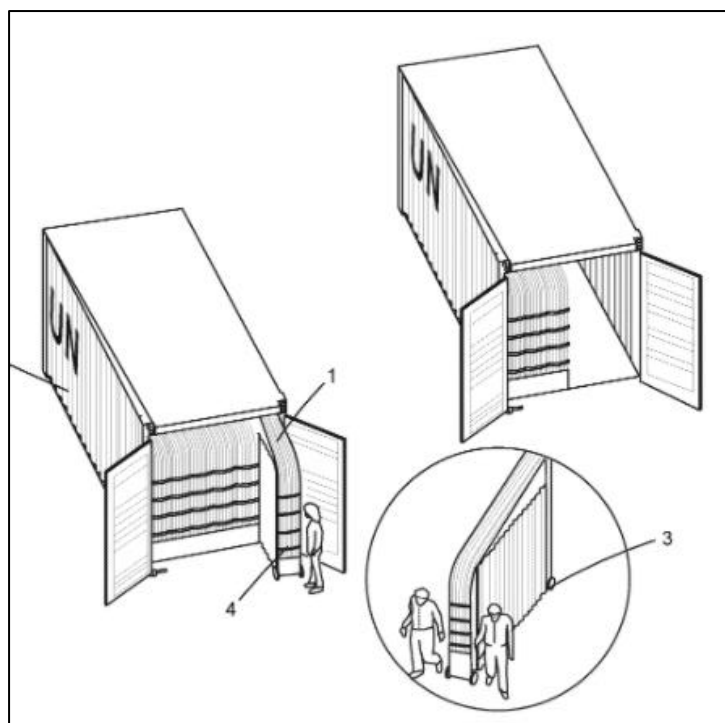


Figura 13. Patente N°. 9,551,143. Sáez, P. 2017. CC BY-NC-ND.

Según la patente (EE.UU. Patente N°. 9,551,143B2, 2017) la respuesta ante el diseño sostenible en su modelo es la siguiente: El refugio fomenta tanto el buen uso, como el aprovechamiento de los recursos naturales, sin dejar a un lado el hecho de lograr el mayor nivel posible de eficiencia energética. Esto se logra tomando en consideración el ciclo del agua para optimizar su uso, la captación y transformación de la energía solar y eólica en energía eléctrica y el almacenamiento de materia orgánica para la elaboración de compost (Ver figura 14).

Se puede denotar que el diseño pasivo en el interior, carece de renovaciones de aire, lo cual afectaría en el transcurso del año al confort térmico y salud de los albergados. Además, no se especifica cómo actúa la iluminación natural en el interior de los módulos ya que se observa que solo existe una abertura y es la de la puerta de acceso al módulo.

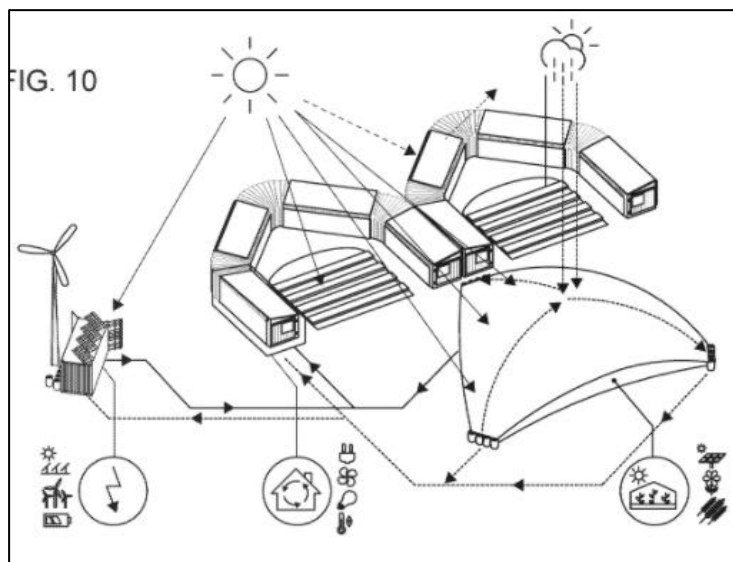


Figura 14. Patente N°. 9,551,143. Sáez, P. 2017. CC BY-NC-ND.

El área del módulo se encuentra entre los 18 m² y los 21m², que posibilitan un total de entre 5 a 6 personas hospedadas, cumpliendo la relación mínima de 3,5 m² por persona. La patente se destaca por conectar los módulos entre sí por medio de un diseño orgánico, remplazando así la trama tradicional, y permitiendo la noción de patio central, lo cual facilita la vida comunitaria y evita el hacinamiento, por lo que se aumentan las ventajas sociológicas y se consigue plasmar una respuesta adaptable al paisaje.

2.4.3 Panorama en Colombia

En Colombia, según la CEPAL, desde el año 1990 a 2020 se han presentado un total de 132 eventos naturales con un total de 12.172.427 de población damnificada.

En la actualidad, la distribución del nivel de exposición indica que, en Colombia, el 36% del territorio está en situación de amenaza sísmica alta, el 28% en alto potencial de inundación, y el 8% en amenaza alta por movimientos en masa. (UNGRD, 2011, pág. 3)

Según el Departamento Nacional de Planeación (2010), En Colombia, durante el fenómeno

de la niña, se reporta un incremento en los desastres naturales asociados con lluvias del 16.1%, a lo largo de este fenómeno, se intensifica el riesgo de inundaciones, deslizamientos y avalanchas.

2.4.3.1 Histórico, Principales Emergencias por desastres naturales en Colombia

Según lo expuesto por el periódico El Tiempo (S.F) en su galería: recordamos algunos de los peores desastres naturales que han azotado al país:

- **Terremoto de Popayán, Cauca (31 de marzo de 1983)**

Personas fallecidas: 267

Personas damnificadas o heridas: 7.500

Edificaciones y viviendas destruidas: 6.800

- **Avalancha de Armero, Tolima (13 de noviembre de 1985)**

Personas fallecidas: 23.000

Edificaciones y viviendas destruidas: 4.400

- **Deslizamiento de Villatina, Medellín (27 de septiembre de 1987)**

Personas fallecidas: 500

Personas damnificadas o heridas: 1.700

Edificaciones y viviendas destruidas: 100

- **Avalancha en Páez, Cauca (6 de junio de 1994)**

Personas fallecidas: 1.000

Personas desaparecidas: 500

- **Terremoto en el Eje Cafetero (25 de enero de 1999)**

Personas fallecidas: 1.100

Personas damnificadas o heridas: 5.000

Edificaciones y viviendas destruidas: 21.000

- **Ola invernal 2010 – 2011 Todo el país**

Personas damnificadas o heridas: 2.350.000

Edificaciones y viviendas afectadas o destruidas: 568.438

- **Deslizamiento de tierra en Manizales (19 de abril de 2017)**

Personas fallecidas: 17

Personas damnificadas o heridas: 500

Edificaciones y viviendas destruidas: 75

- **Avenida torrencial y tragedia de Moco, Putumayo (31 de marzo 2017)**

Personas fallecidas: 336

Personas damnificadas o heridas: 2.200

Edificaciones y viviendas destruidas: Arrasó con 17 barrios del del municipio.

- **Huracán Iota, Isla Providencia (16 de noviembre de 2020)**

Personas fallecidas: 2

Personas damnificadas o heridas: 5.600

Edificaciones y viviendas destruidas: 98% de la isla destruida.

- **Huracán Iota, Cartagena, Bolívar (16 de noviembre de 2020)**

Personas damnificadas o heridas: 155.000

Edificaciones y viviendas destruidas: Se reportaron inundaciones en 34 barrios.

2.4.3.2 Entidades de respuesta ante desastres naturales en Colombia

La Unidad Nacional de Gestión del Riesgo y Desastre (UNGRD), es la entidad designada por el gobierno nacional y por El Consejo Nacional Para La Gestión del Riesgo, la UNGRD tiene como objetivo:

La Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres dirige la implementación de

la gestión del riesgo de desastres, atendiendo las políticas de desarrollo sostenible, y coordina el funcionamiento y el desarrollo continuo del sistema nacional para la prevención y atención de desastres – SNPAD. (UNGRD, s.f.)

Entidades locales:

- Cruz roja
- Bomberos
- Defensa civil
- Fuerzas militares

2.4.3.3 ¿Cómo se responde ante un Desastre Natural en Colombia?

La UNGRD y El SNGRD en un trabajo conjunto, y como máximas entidades de respuesta humanitaria en el país, publican el Manual de Estandarización de Ayuda Humanitaria de Colombia, en este se determinan tres acciones para la respuesta al desastre, expuestas a continuación:

A. Preparación para la respuesta. Etapa en la cual deberán realizarse los procesos de formación y entrenamiento de los equipos operativos del SNGRD, así como de los Consejos Departamentales de la Gestión del Riesgo de Desastres -CDGRD y Consejos Municipales de Gestión de Riesgo de Desastres -CMGRD, en los procesos de evaluación de daños y análisis de necesidades generales y por sector, así como el conocimiento y habilidades para el manejo de los formatos. Los estándares de los servicios básicos, como: Agua y Saneamiento, Alojamiento Temporal, Medios de Vida y Ayuda Alimentaria, aspectos que deberán estar en lo territorial y nacional articulados con las ‘Estrategias de

Respuesta'. Así mismo, en el nivel nacional el presente Manual permitirá la articulación con los procesos de estandarización y capacitación de equipos especializados, así como la definición de protocolos de los sectores nacionales y el funcionamiento de los Clúster a nivel de las agencias de cooperación internacional.

B. Preparación para la recuperación. Esta actividad comprende las acciones del plan de recuperación dentro de las cuales se estiman acciones en los servicios básicos, como: Alojamiento Temporal, Agua y Saneamiento y la Protección de Medios de Vida, entre otros. Algunas de las cuales podrían incluso continuarse en la fase de reconstrucción, dado el contexto de la emergencia. Por lo que las acciones que se adelanten en el marco de preparar lo necesario para que estos procesos puedan implementarse con la mayor efectividad, eficiencia y eficacia. Para lo cual se deberán desarrollar actividades como: Planes de Acción por riesgo y protocolos interinstitucionales, entre otros.

C. Ejecución para la respuesta. Durante esta fase se realiza la implementación de las acciones planificadas en la fase de preparación. Básicamente son el Alistamiento (de la capacidad de respuesta), alerta (institucional e interinstitucional para la movilización respectiva) y la implementación del plan de recuperación, las acciones y el seguimiento de éstas de acuerdo al contexto de la emergencia y las necesidades valoradas como prioritarias, en el EDAN (Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades). (SNGRD y UNGRD, 2013, pág. 11)

2.4.4 Panorama Normativo en Colombia

Ahora, se expone el marco de leyes, normas y decretos que regulan la respuesta a eventuales catástrofes naturales, además se dan a conocer las entidades que lo conforman, y el nivel de detalle con el que dicha directriz determina las propiedades que se deben tener en cuenta

para la construcción de albergues temporales.

Decreto 1547 de 1984

Según la UNGRD (s.f.), El Fondo Nacional de Calamidades, fue creado para atender intereses públicos y asistencia social referente a situaciones o necesidades ocasionadas por desastres naturales o calamidades públicas. No obstante, este decreto fue modificado por el artículo 70 del decreto Ley 919 de 1989, debido a este en la actualidad El Fondo Nacional de Calamidades es denominado como Fondo Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres.

Decreto Ley 919 de 1989

Se organiza El Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, que según la UNGRD (2014), es un conjunto de entidades públicas y privadas; Si bien, éste documento expone principalmente, cómo se debe realizar la ayuda humanitaria y qué organismos deben responder a las ayudas mencionadas anteriormente, no detalla a fondo como se debe conformar un albergue de emergencia.

Ley 1523 de 2012

En el artículo 35 de la Ley 1523 de 2012, se menciona que la estrategia nacional para la respuesta a emergencias, se centra especialmente en garantizar la prestación de servicios básicos durante la calamidad, como accesibilidad, transporte, comunicación, saneamiento, búsqueda y rescate, albergues, entre otros. Básicamente la Ley 1523 de 2012, define la estrategia de preparación y respuesta general ante eventuales catástrofes o emergencias que pueda sufrir la población colombiana, sin embargo, no es específica en cuanto a cómo albergar a personas

damnificadas, ni en las condiciones de habitabilidad de los albergues temporales.

Colombia cuenta con la estandarización de un plan de atención a desastres expuesto en diferentes leyes y decretos que se han perfeccionado con el paso del tiempo, no obstante, no existe una postura que haga exigible la forma en la que se debe construir, ni las condiciones de habitabilidad que se deben considerar al momento de crear un albergue de emergencia temporal como respuesta a eventuales calamidades.

En Colombia, existen diferentes manuales referentes al manejo y construcción de albergues temporales:

Manual Nacional para el manejo de Albergues Temporales, Sociedad Nacional de La Cruz Roja Colombiana

Este manual creado por La Cruz Roja Colombiana, estandariza y recopila los conceptos relacionados con la respuesta a la atención de desastres naturales y movilizaciones masivas de personas, adicionalmente, en él, se clasifican los diferentes tipos de albergues según la eventualidad, el tiempo de uso y el tipo de respuesta, dicho sumario, realiza recomendaciones de materiales a implementar en la construcción de los mismos.

Manual Estandarización de Ayuda Humanitaria de Colombia

Este manual creado por la UNGRD, determina las acciones para la respuesta ante un desastre, también especifica las áreas de habitabilidad universales mínimas para el diseño de albergues temporales expuestos en la tabla 2.

Descripción	Indicador
Total, área de terreno disponible por familia	30m2 Sin incluir zonas comunes)
Buen sistema de drenaje para evitar inundaciones	
Módulos familiares con espacios entre uno y otro para evitar propagación de incendios	2m
Espacio cubierto mínimo por persona	3,5m2
Sanitarios (divididos por género)	1 por cada 20 personas
Duchas (divididas por género)	1 por cada 20 personas
Lavaderos	1 por cada 40 personas
Cocinas Comunitarias	1 por cada 50 familias

Tabla 2. Manual Estandarización de Ayuda Humanitaria de Colombia. UNGRD. 2013. Pag.123.

En el manual se exponen los tipos de materiales con los que se debería construir un albergue temporal, y se hace énfasis en: salvaguardar a las personas vulnerables, brindar privacidad por género, evitar espacios oscuros que puedan detonar en situaciones de peligro para las personas refugiadas, entre otras.

Con lo expuesto anteriormente, se puede concluir que existen lineamientos básicos para el diseño de módulos de albergues temporales en Colombia, algunos de estos extraídos de manuales utilizados a nivel mundial, como El Manual Esfera 2018, no obstante en el país, no se ha profundizado en la importancia de implementar estrategias de diseño pasivo en los módulos de albergues temporales, que favorezcan a la habitabilidad de los mismos, incluso, no se han decretado leyes en Colombia que respalden esta necesidad, por lo tanto sigue siendo opcional, mas no obligatorio, el uso de estas tácticas al momento de diseñar y construir los módulos o albergues temporales.

2.4.5 Emergencias por desastres naturales en Colombia

El huracán Iota en 2020 afectó gran parte del Caribe, Colombia fue uno de los países más

perjudicados por el paso de dicho huracán, que en tierras colombianas y según El Espectador (2020), alcanzó la categoría número 5 al impactar en la isla de Providencia, afectando así aproximadamente al 98% de las edificaciones de la isla. Como respuesta para la población afectada por dicho desastre natural, la organización Cadena Colombia, instaló refugios temporales para albergar a las personas damnificadas; adicionalmente como solución inmediata, se dio resguardo a la población afectada en el Coliseo de Combate de Cartagena, en el que es incuestionable la condición de hacinamiento.



Figura 15. Respuesta de albergue para personas afectadas por Huracán Iota. elDato. 2020. CC BY-NC-ND.



Figura 16. Respuesta de albergue para personas afectadas por Huracán Iota. elDato. 2020. CC BY-NC-ND.



Figura 17. Personas desplazadas afectadas y albergadas por huracán Iota. elDato. 2020. CC BY-NC-ND.

2.4.6 Hábitat transitorio y vivienda para emergencia por desastres en Colombia, Universidad Nacional.

Fernando Gordillo en su Publicación Hábitat transitorio y vivienda para emergencia por desastres en Colombia, genera una metodología de trabajo interesante y un estudio minucioso referente a un estado del arte nutrido con entidades gubernamentales, planes de acción y respuesta y presenta un panorama en el cual se identifica que Colombia cuenta con las entidades y los medios para llevar a cabo acciones de mitigación de desastres o respuesta, por medio de alojamientos temporales.

Gordillo, F. (2006), afirma: “Entre las zonas de Colombia con mayor riesgo a inundaciones están los Llanos Orientales, por ser un territorio completamente plano, así como la región Caribe y las regiones pobladas cercanas a los ríos o sus antiguos causes (p.49).” En la investigación del autor se evidencia un trabajo minucioso en la clasificación de los desastres naturales ocurridos en el territorio nacional y evidencia que las inundaciones encabezan la lista, al ser las que más afectan a la población colombiana. Con la afirmación del autor se fortalece la decisión de selección del municipio de Magangué como caso de estudio, al ser un municipio colindante a tres ríos y pertenecer a la región

Caribe, evidenciando la vulnerabilidad a desastres naturales por inundaciones a las que está expuesto el municipio de Magangué.

El autor evidencia la forma de actuar de las personas damnificadas, donde según la imagen 18, las personas responden ante estas eventualidades de así: algunas personas no se desplazan del lugar del siniestro y prefieren mantenerse en los restos de sus hogares, otras aceptan ser trasladados a lugares trasitorios como edificios no afectados o campamentos de emergencia. Adicionalmente, resalta que otras ocasiones los afectados son alojados en otras poblaciones, con familiares o amigos.

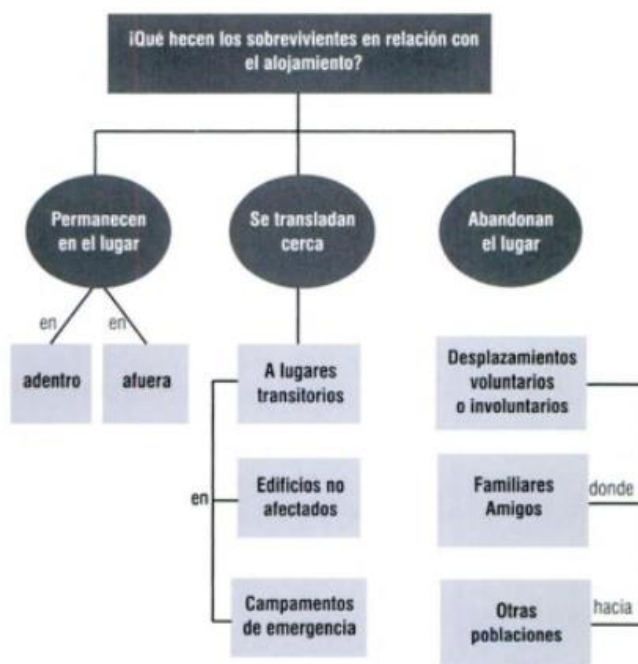


Figura 18. Reacciones de los sobrevivientes a un desastre natural. Gordillo, F. Universidad Nacional. 2006. CC BY-NC-ND.

Gordillo identifica que Colombia es una nación vulnerable no solo a desastres naturales, también presenta la necesidad de atención de desastres de carácter social por diferentes circunstancias cotidianas, genera un interés marcado en la necesidad de un trabajo social más detallado en los albergues de emergencia y no centrarse únicamente en atender la necesidad habitacional sin considerar la creación de sociedad.

2.4.7 Prototipo de albergue temporal en situación de emergencia en Bogotá, Universidad La Gran Colombia.

Lara, D. y Ramírez, J. (2018), afirman: “El confort térmico en los módulos fue mejorado debido al incremento en la densidad del material utilizado para la envolvente, dando como resultado una mejoría de 2°C en promedio en horas de la noche y madrugada (p.67).” La propuesta planteada en 2018 por Diego Marcelo Lara Rodríguez y José Luis Ramírez Gutiérrez, en el trabajo de grado para optar por el título de arquitectos, es interesante por su desarrollo metodológico, con el cual lograron tomar decisiones de materialidad, generando ganancias térmicas internas en su propuesta de albergue temporal en Bogotá, resaltando así la intención de generar una variable de prueba y error, analizadas en sitio con equipos térmicos, lograron identificar que material utilizar, que permitiera obtener ganancias térmicas y favorecer el confort de los ocupantes.

Adicionalmente, Lara, D. y Ramírez, J. (2018), afirman: “La utilización del hexágono como forma básica aumentó en 0.86 m² el área cubierta del prototipo en comparación con la forma triangular utilizada por la Cruz Roja (p.67).” Nuevamente en esta conclusión de los autores se evidencia el trabajo minucioso, de la metodología de trabajo donde generan la comparación morfológica tradicional con la propuesta por ellos, logrando así una ganancia en área de cubierta que favorece a los ocupantes del albergue temporal, generando una habitabilidad mayor y sensación de protección para los ocupantes.

La propuesta de Lara, D. y Ramírez, J. (2018), genera cuatro recomendaciones interesantes al momento de diseñar un albergue de emergencia, estas recomendaciones se encuentran centradas en el proceso constructivo y permiten identificar la necesidad de

profundizar en los aspectos técnicos y contractivos de los albergues temporales, que favorezcan a la eficiencia contractiva en temas de tiempo, costo y transporte.

Pese a que el proyecto abarca temas de sostenibilidad y realizan mediciones con instrumentos en sitio y logran inferir una ganancia térmica interna, surgen inquietudes en el área de el cumplimiento del confort higrotérmico, los parámetros de evaluación y la normativa requerida para lograr una temperatura adecuada para los ocupantes del módulo. Es un excelente trabajo de grado que permite la oportunidad de realizar un estudio bioclimático más detallado, donde se identifiquen situaciones extremas y cómo son afrontadas por medio de la materialidad.

2.4.8 Modelo de vivienda temporal, una solución post emergencia, Universidad Colegio Mayor de Antioquia.

La propuesta de Uribe, M. Escobar, D. y Jiménez, J. (2020), parte de la identificación histórica del concepto de vivienda de emergencia, donde se resaltan la vivienda mínima como respuesta al déficit habitacional, ocasionado por la primera guerra mundial, posteriormente se destaca la implementación de la vivienda militar Nissen Huts como predecesora de los primeros módulos de emergencia para el déficit de vivienda ocasionados por la segunda guerra mundial. Adicionalmente realizan una investigación de las diferentes entidades de respuesta a desastres naturales en Colombia e identifican los planes de acción que dichas entidades llevan a cabo para proporcionarla en caso de emergencia. Realizan un desglose de diferentes modelos de albergue temporal y realizan un respectivo análisis detallado, donde resaltan la necesidad de implantar un modelo fácil de transportar, que permita ser ensamblado por la comunidad afectada, con materialidad autóctona de la región y un diseño interior libre que permita ubicar una conformación espacial mínima requerida para los damnificados.

Posteriormente realizan un análisis por medio de encuestas a diferentes profesionales, con el cual buscan identificar el conocimiento referente a las unidades de emergencia temporal e identifican diferentes aspectos metodológicos a implementar en el diseño de su propuesta arquitectónica.

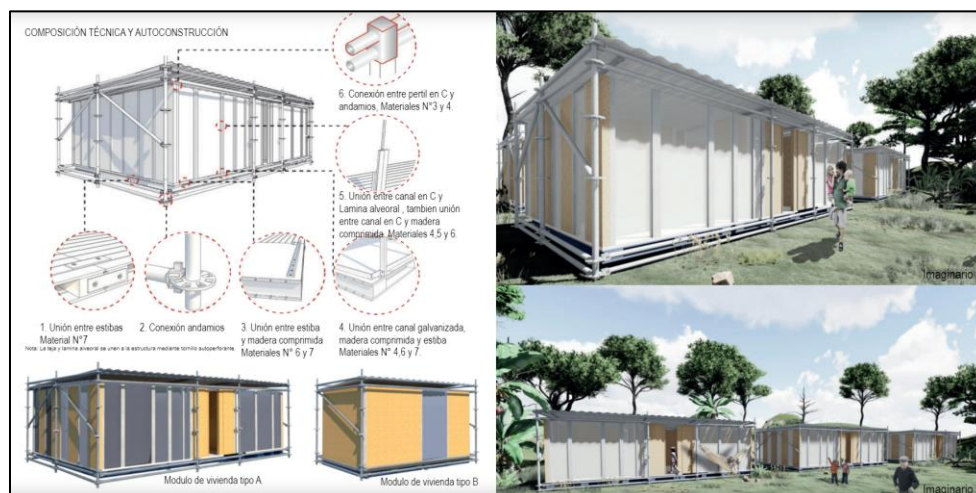


Figura 19. Propuesta Albergue temporal. Uribe, M. Escobar, D. y Jiménez, J. Universidad de Antioquia. 2020. CC BY-NC-ND.

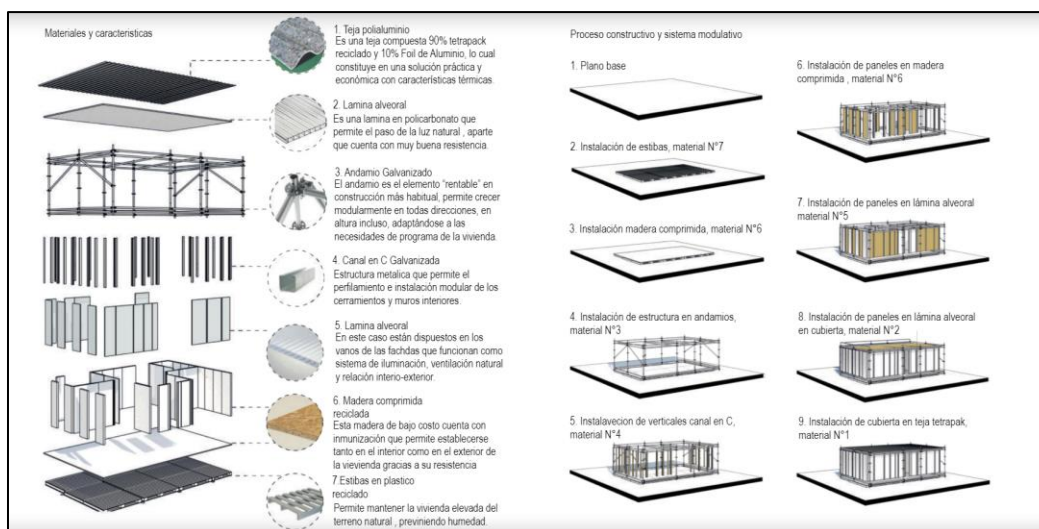


Figura 20. Propuesta Albergue temporal. Uribe, M. Escobar, D. y Jiménez, J. Universidad de Antioquia. 2020. CC BY-NC-ND.

Uribe, M. Escobar, D. y Jiménez, J. (2020), en la figura número 19 proponen el diseño de un módulo que permite una flexibilidad conformado por dos tipologías, una dirigida a familias de 3 o más habitantes y otra dirigida a parejas, este es un concepto interesante ya que buscan generar un hábitat adecuado y personalizado según lo damnificados, lo cual recupera el valor y la privacidad en momentos de vulnerabilidad.

No obstante se puede cuestionar la eficiencia constructiva y de implantación de dos tipologías diferentes de albergue temporal, lo cual puede aumentar en los gastos de diseño y volverlo un proyecto utópico.

En la figura 20 se observa la materialidad propuesta por los autores, donde se resalta el uso de materiales que facilitan el proceso de transporte y ensamble del módulo, no obstante carecen de un estudio previo en el que se analicen los impactos ambientales y el costo que puede significar utilizarlos, adicionalmente no se realiza un estudio del confort higrotérmico que se pueda generar en el interior del modelo y tampoco se definen estrategias de diseño pasivo para lograr una reducción energética en el mismo.

2.4.9 Casa Camaleón, Universidad del Valle.

En la figura 21 se identifica la unidad habitacional propuesta por la Universidad del Valle, esta casa presenta innovadores diseños de ingeniería y arquitectura, se encuentra conformada por tres módulos principales en los que se distribuyen zona de servicios y tres habitaciones, adicionalmente cuenta con un sistema de recolección de aguas lluvias, reciclaje de aguas grises y un sistema de paneles fotovoltaicos.



Figura 21. Propuesta Casa Camaleón. Universidad del Valle. 2019. CC BY-NC-ND

El concepto arquitectónico se basa en el camaleón, el cual se adapta al lugar en el que se encuentra, los autores generaron un sistema que permite que la casa se abra si hace mucho calor generando ventilación cruzada, buscando así un confort higrotérmico adecuado en el interior de la vivienda. El costo del prototipo es de 300 millones de pesos, no obstante, se evidencia un costo elevado para una respuesta de emergencia ante un desastre socio-natural, pero genera la incógnita en la que es evidente, que una inversión de este tipo puede remplazar las viviendas reconstruidas por el estado, generando espacios dignos y confortables, evitando el hacinamiento para las personas damnificadas. Es un excelente ejemplo de innovación y tecnología colombiana.

2.5 Conclusión

Después de analizar cada uno de los casos de estudio expuestos anteriormente, se encuentran puntos en común, categorizados en tres criterios de sostenibilidad: habitabilidad, eficiencia y equidad. Estos principios permiten clasificar cada ejemplo, para así evidenciar la tendencia de su papel en la arquitectura y el diseño sostenible, de cara a la respuesta ante emergencias habitacionales.

- **Habitabilidad**

Se determina que la patente: 9,551,143 y los módulos: Paper Log House y Longbag Superadobe, logran acertar en estos criterios, esta afirmación se basa como primera medida en la importancia de introducir la noción de patio central según la patente 9,551,143, estrategia de diseño pasivo que permite mejorar la ventilación natural en los módulos, por medio de su implantación; como segunda instancia, los módulos Paper Log House y Longbag Superadobe, cumplen con los principios mínimos de habitabilidad según la UNGRD, ya que se alcanza el metraje cuadrado necesario para cada persona allí alojada.

En la patente 9,551,143 y el módulo Paper Log House, se utiliza la estrategia de ventilación natural de refrigeración, donde se juega con la ventilación y la masa del elemento, situación que permite evacuar el aporte calórico que irradian los materiales por medio de volúmenes elevados del suelo, principio evidenciado en el diseño arquitectónico del módulo. En el módulo Longbag Superadobe, se analiza que: se utiliza la estrategia de ventilación conocida como chimenea solar.

En definitiva, los casos de estudio expuestos, abordan en detalle las ventajas de desarrollar estrategias que permitan que los espacios tengan mayores beneficios de habitabilidad y sanidad, entendiendo este proceso como diseño pasivo.

- **Eficiencia**

En este aspecto se puede afirmar que los casos de estudio analizados, cuentan con aportes que generan: una eficiencia constructiva, innovación de adaptabilidad, e inclusión de la comunidad en el montaje de los módulos; se caracterizan por buscar, en la mayoría de casos, la implementación de materiales innovadores para la construcción de los mismos.

En la patente 9,551,143 y el módulo Paper Log House, es claro que en cuanto a adaptabilidad e implantación en el terreno, innovan en el uso de patas ajustables, las cuales permiten adaptarse a la topografía de los diferentes lugares en los que se deben implantar los módulos, y al uso de materiales convencionales para aislamiento y elevación de dichos espacios.

Se hace indispensable resaltar el trabajo de todos los casos de estudio, en temas de facilidad de ensamble de los módulos, debido a que, ante una situación de emergencia, se abre la posibilidad de construir un refugio rápido para atender las necesidades habitacionales post emergencia.

La patente 9,551,143 es tal vez el caso de estudio más acertado en el criterio de eficiencia, debido a que cuenta con un sistema de armado eficaz, que permite que personas con poco conocimiento en el área, puedan ensamblar los módulos de forma rápida y oportuna, escenario que evitaría sobre costos en personal calificado. Así mismo, es la patente con mayor facilidad de almacenamiento antes del montaje por contar con el método de transporte más estandarizado, características que la ubican, según el análisis realizado, en el primer lugar en cuanto a eficiencia.

- **Equidad**

En este caso la patente 9,551,143, y el módulo Longbag Superadobe, son los casos de estudio más convenientes debido a que buscan un equilibrio entre lo construido y el espacio en que se implanta, además, su diseño arquitectónico busca generar vida comunitaria, evitando el hacinamiento, lo cual aumenta las ventajas sociológicas. Estos módulos pueden dar una noción de salud emocional y mental, situación que puede contribuir a que la estadía temporal de la población damnificada sea adecuada y digna..

Para sintetizar, una vez se analizan las diferentes opciones, se evidencia la necesidad de intervenir en el diseño pasivo, involucrando la articulación de los tres principales criterios de la sostenibilidad (Equidad, eficiencia y habitabilidad).

- **Panorama en Colombia**

En respuesta al segundo objetivo específico de este trabajo de grado, se evidencia que la mayoría de eventos de desastres naturales en los que surge la necesidad de suplir déficit habitacional, producto de desastres naturales, se utilizan carpas y albergues comunitarios conformados en coliseos, edificios comunales o iglesias, escenarios que no favorecen a las condiciones mínimas de habitabilidad y en los que claramente se hace presente el hacinamiento de personas afectadas en el interior de los albergues, este factor puede aumentar los problemas de inseguridad, salud y relaciones sociales entre la comunidad.

Pese a que existen diferentes modelos planteados por la academia colombiana, se denota que en la mayoría de ocasiones las entidades responsables dan respuesta con los medios convencionales, lo cual cierra las posibilidades de mitigar factores de hacinamiento y de seguridad de los afectados. Un ejemplo claro es la situación actual en Providencia, donde aún no se ha logrado reubicar a las personas damnificadas y aún se encuentran albergados en carpas y albergues temporales convencionales.

No obstante, es evidente que la academia colombiana ha profundizado en estudiar la respuesta a los desastres naturales, uno de sus principales exponentes es Fernando Gordillo, quien ha logrado catalogar y plasmar los diferentes riesgos, no solo naturales, sino también los sociales, a los que se expone la población colombiana en diferentes regiones en momentos de calamidades. Ha generado lineamientos en los cuales se destaca el trabajo social en el que se debe profundizar, al atender estas eventualidades en Colombia.

La universidad del Valle es pionera en investigación y generó en 2019 una propuesta conocida como la casa Camaleón, en la cual se evidencia un buen trabajo de diseño e ingeniería, en el que se busca generar estrategias de ventilación natural y permitir la adaptabilidad de la casa

a las necesidades de su entorno; este es uno de los principales referentes de sostenibilidad, sin estrategias pasivas, pero si, con una intervención mecánica interesante para ser estudiada.

Una tesis de la universidad La Gran Colombia, presenta un interés particular en la implementación de materiales que permite tener ganancias internas térmicas, en un albergue temporal propuesto, es un trabajo minucioso y genera conclusiones interesantes referente al sistema constructivo y a la necesidad de implementar medidas de diseño pasivo en dichos alberges temporales.

Para finalizar, existen diferentes planes de acción estandarizados por entidades colombianas, en los cuales se plasman los planes a efectuar en estas circunstancias, generando la duda de que tan aplicables pueden ser en su totalidad al momento de la incidencia, evidenciando una oportunidad de mejora y profundización en este tema.

3. Marco de Referencia

3.1 Marco Conceptual – Teórico

En este apartado, se definirán los conceptos necesarios para realizar la propuesta de diseño de un módulo de albergue temporal, iniciando por la identificación de desastres, su clasificación, cómo han incidido en Colombia, y qué unidades de respuesta trabajan ante estas situaciones. Igualmente, se expondrá, qué son los albergues, cómo se categorizan y cuáles son las estrategias de diseño pasivo, que algunos de estos contemplan en su diseño. Para finalizar se determinará cuál es la metodología de diseño pasivo a considerar en el planteamiento de un albergue temporal.

3.1.1 Desastre

Para el término desastre se encuentran diferentes definiciones, pero la más adecuada para esta investigación, es la expresada por la Sociedad Nacional de La Cruz Roja Colombiana en su

Manual Nacional de Albergues Temporales, afirma:

Un desastre es un evento calamitoso, repentino o previsible, que trastorna seriamente el funcionamiento de una comunidad o sociedad y causa unas pérdidas humanas, materiales, económicas o ambientales que desbordan la capacidad de la comunidad o sociedad afectada para hacer frente a la situación a través de sus propios recursos. Aunque frecuentemente están causados por la naturaleza, los desastres pueden deberse a la actividad humana. (Cruz Roja, 2008, pág. 12)

3.1.1.1 Tipo de desastres

Según La Cruz Roja (2008), los desastres son ocasionados por fenómenos naturales o intervención del hombre, y se clasifican en 4 tipos de escenarios catastróficos:

- **Escenario de Orden Público**

Es un evento generado por el hombre, principalmente sucede cuando se ve afectada la estabilidad normativa, las leyes de convivencia y/o vulneración de derechos establecidos por una comunidad, como resultado a lo anterior suele presentarse alteración del orden público, plasmada en enfrentamientos con: autoridades gubernamentales, grupos políticos, grupos religiosos o grupos de personas con ideas diferentes. Estas confrontaciones tienden a ser violentas o bélicas, afectando a un grupo de personas en específico; en este panorama, es fundamental atender de inmediato a las personas afectadas, velando por salvar vidas y ayudar a las víctimas, respetando la misión humanitaria de la Cruz Roja. Algunos ejemplos de este tipo de escenario son: conflictos armados de carácter interno, conflictos armados internacionales, disturbios internos, atentados terroristas, desplazamiento interno por conflicto armado y refugiados.

- **Escenario Social**

Este evento, es de igual manera ocasionado por el hombre, en este escenario uno de los principales factores son las relaciones socioeconómicas de un país, donde suelen estar presentes problemas de extrema pobreza, hambruna, drogadicción, entre otras, ocasionando movilización o migración masiva de la población afectada. Algunos ejemplos de este tipo de contexto son: habitabilidad en calle, indigencia, hambrunas, drogadicción, extrema pobreza, epidemias /pandemias.

- **Escenario Tecnológico**

Son ocasionados por las acciones del hombre, están relacionados con la industrialización, tecnología y/o modificación de los elementos naturales, que como resultado pueden desencadenar situaciones de emergencia y desastre, estos pueden afectar el entorno natural, o generar accidentes que pueden significar una amenaza a la población. Algunos ejemplos de este tipo de escenario son: incendios industriales, incendios estructurales, derrame de hidrocarburos, derrame y escape de químicos, explosiones, colapso de estructuras, accidentes de tránsito, accidentes aéreos, accidentes marítimos /fluviales.

- **Escenario Natural**

Son eventos ocasionados por la conducta natural del planeta, una vez estos comportamientos afectan a las personas, se denominan desastres naturales, un claro ejemplo se encuentra en las comunidades emplazadas en lugares de alto riesgo de inundaciones, ya que una vez comienza el periodo de lluvias, se pueden ver afectadas. Algunos ejemplos son: inundaciones, deslizamientos, sismos, erupciones volcánicas, tsunamis, tempestades, tormentas tropicales, sequías, ciclones,

tifones / huracanes, avalanchas, olas de calor o frío, incendios forestales y heladas /granizadas/lluvias súbitas o intensas.

3.1.2 Albergues

La Sociedad Nacional de La Cruz Roja Colombiana en su Manual Nacional de Albergues Temporales, afirma:

Lugar físico creado e identificado como un lugar seguro, que cuenta con todos los medios necesarios para hospedar por un periodo corto, mediano y largo plazo a un grupo de personas afectadas por los resultados del impacto de una amenaza, con las garantías esenciales para garantizar la dignidad humana, conservando la unidad familiar y la cultura de las personas afectadas, así como su estabilidad física (mental) y psicológica. Promoviendo la organización comunitaria. (Cruz Roja, 2008, pág. 18)

Adicionalmente según el Ministerio de Salud y Protección Social, Colombia (s.f.): Los albergues deben tener un periodo de tiempo determinado cumpliendo con la condición de temporalidad.

Existen otras alternativas para atender desastres naturales:

- **Refugio**, “La palabra Refugio es sinónimo de asilo, de acogida o de amparo, pero también significa lugar adecuado para refugiarse. (ACNUR, s.f.).”

Sociedad Nacional de La Cruz Roja Colombiana (2008), afirma:

Espacio de paso, que sirven para proporcionar techo, alimentación y abrigo a las víctimas de una emergencia o desastre, mientras la comunidad se traslada a un Alojamiento o Albergue Temporal, Estos se utilizan cuando no existe un plan de prevención previamente estipulado (p. 18).

- **Alojamiento Temporal**, Sociedad Nacional de La Cruz Roja Colombiana (2008), afirma:

“Espacio provisional que brinda las condiciones básicas para alojarse mientras se guía a la comunidad a alguna solución de Albergue, también se utilizan cuando no existe un plan de prevención previamente estipulado (p.18).”

3.1.2.1 Tipología de alberges:

Según La Sociedad Nacional de La Cruz Roja Colombiana (2008), los albergues se dividen en 5 tipos:

- **Auto Albergue**, se denominan así cuando las personas afectadas se ubican en viviendas de familiares o amigos.
- **Comunitarios**, se subdividen en: **Infraestructura instalada**, se utilizan de manera transitoria y se caracterizan por ser lugares ya construidos como: coliseos, escenarios deportivos, colegios, salones comunales, entre otros; **Campamentos de emergencia**, son espacios que cumplen con las necesidades básicas para las familias damnificadas de forma temporal, son construcciones en materialidad liviana de fácil remoción.
- **Fijos**, Construcciones dotadas con servicios básicos esenciales, su permanencia es temporal, generalmente son lugares que pueden ser adaptados para la respuesta de albergue de manera inmediata.
- **Multi albergue**, Es la combinación de varios tipos de albergue para la atención de una emergencia de gran magnitud.

- **URE**, Respuesta en Emergencias para Albergues Temporales, es el equipo especializado que se encarga de acompañar a las personas damnificadas, apoyarlas y brindar conocimiento técnico y de protocolos en cada caso según aplique.

3.1.3 Albergue Temporal:

Ministerio de Salud y Protección Social, Colombia (s.f.), afirma: “Son instalaciones que sirven para proporcionar techo, alimentación, abrigo y seguridad a las víctimas de una emergencia o desastre... suelen desaparecer espontáneamente.”

La Sociedad Nacional de La Cruz Roja Colombiana en su Manual Nacional de Albergues Temporales, afirma:

Son útiles para proteger contra las condiciones ambientales (infraestructura segura), idealmente deberá contar con bodegas para almacenar y proteger bienes, que, de seguridad emocional e intimidad, permita mantener la unidad familiar, que este ubicado en un terreno seguro, que cuente con las condiciones básicas sanitarias y sea un espacio que permita a sus usuarios la participación activa desde la instalación. (Cruz Roja, 2008, pág. 19)

3.1.3.1 Duración de un albergue temporal

Según La Sociedad Nacional de La Cruz Roja Colombiana (2008), los albergues temporales son variables en su tiempo de duración, dependiendo de la magnitud de la emergencia o la capacidad de reconstruir o rehabilitar el lugar afectado. Por lo tanto, se definen tres opciones para la duración de los albergues:

- **A corto plazo:** Se establece para emergencias menores, donde el número personas damnificadas es mínimo y tiene un rango de operación promedio de **24 horas**.

- **A medio plazo:** Se instaure cuando la calamidad es compleja y existe una afectación mayor de personas damnificadas, por lo general deben intervenir los gobiernos departamentales o incluso el estado, estos albergues tienen un rango de operación de **10 a 30 días**.
- **A largo plazo:** Se determina en situaciones de catástrofe de gran magnitud, ocasionados por catástrofes naturales, sociales, orden público o tecnológico, estos albergues tienen un rango de operación de **30 a 90 días** prorrogables según el avance de reconstrucción o rehabilitación del lugar afectado. Estos son los albergues más costosos.

3.1.3.2 Las 5 normas mínimas generales para a un albergue temporal:

Según El Proyecto Esfera (2010), existen 5 normas para la construcción del albergue:

- **Planificación Estratégica:** Las estrategias de alojamiento, deben velar por la seguridad, protección, salud y bienestar de las personas damnificadas, además de promover la recuperación y la reconstrucción.
- **Planificación Física:** Los alojamientos deben permitir la realización de actividades, el uso del albergue debe estar destinado para la población afectada, sin dejar a un lado los patrones de seguridad.
- **Espacios Vitales Cubiertos:** Las personas damnificadas deben disponer de espacios vitales cubiertos, que generen confort térmico, ventilación adecuada y protección contra las variables climáticas. Se debe garantizar la privacidad, seguridad y salud, así como permitir que la personas puedan realizar actividades domésticas y de subsistencia.

- **Construcción:** Se debe promover la participación social y utilizar la mayor cantidad de recursos locales para la construcción de los refugios.
- **Impacto Medioambiental:** La planificación, implantación y construcción de los alojamientos debe generar el mínimo impacto ambiental en el lugar que se decida ejecutar.

Entretanto, las 8 condiciones que debe cumplir un alojamiento temporal según el Ministerio de Salud y Protección Social, Colombia (s.f.), son:

- ✓ Proteger contra variables climáticas.
- ✓ Contar con bodegas de almacenamiento.
- ✓ Seguridad mental y física.
- ✓ Localizada en un lugar seguro.
- ✓ Cumplimiento de necesidades sanitarias básicas.
- ✓ Por cada 20 personas contar con una letrina.
- ✓ Proveer de 1,5 litro de agua por persona al día.
- ✓ Que se brinden condiciones adecuadas de iluminación.

3.1.3.3 Materiales utilizados en los módulos de albergues temporales en Colombia:

Sociedad Nacional de La Cruz Roja Colombiana (2008), afirma:

Dentro de los materiales de distribución para el montaje de un Albergue Temporal, comúnmente se suele proporcionar los siguientes materiales:

- ✓ Cubiertas de protección plástica
- ✓ Tejas de zinc
- ✓ Sábanas, colchones, y mantas (Nuevos).

- ✓ Elementos de aseo
- ✓ Madera
- ✓ Caja de herramientas de Construcción (Martillos, seguetas, tornillos, entre otros).
- ✓ Caja de herramientas para Reparaciones eléctricas e hidráulicas (Alicates, hombres solos, llave para tubo, destornilladores de pala y estrella, multímetro, cinta aislante y martillo). (Cruz Roja, 2008, pág. 43)

3.1.3.4 Diseño pasivo en albergues temporales:

El diseño pasivo en los albergues temporales no suele ser contemplado en la mayoría de los casos, debido a que, casi en la totalidad, la respuesta a esta necesidad debe ser inmediata y se realiza por medio de carpas o estructuras reacondicionadas de bajo costo. No obstante, existen diferentes casos en los que se han contemplado estrategias de diseño pasivo, que se evidencian en la eficiencia de los materiales constructivos, estrategias de refrigeración, entre otras. Algunos de estos exponentes que fueron analizados anteriormente en detalle son: Los módulos Longbag superadobe, Paper Log House y algunas patentes.

3.1.4 Metodología del Diseño Pasivo

Según The Green Studio (2017), el diseño pasivo es un método arquitectónico que se utiliza para que los proyectos y edificios logren adaptarse ambientalmente, por medio de recursos y técnicas naturales, utilizando principalmente el sol, el viento, la orientación y las propiedades de los materiales de construcción. Su principal objetivo es lograr por medio de estas adaptaciones naturales, la reducción del uso de métodos artificiales, aportando así a dos factores significativos: la disminución de la contaminación ambiental y el costo económico asumido por el usuario final,

reduciendo el consumo de energía en la etapa operativa y funcional de las edificaciones.

3.1.4.1 Estrategias de diseño pasivo

El diseño pasivo utiliza enfoques que llevan a un edificio o un espacio a su máxima eficiencia, por lo anterior, Coronado afirma:

Las estrategias de diseño pasivo son la conjugación de elementos, propiedades y técnicas en el diseño arquitectónico que potencializan las características del proyecto y sus condiciones contextuales, con el objetivo de mantener un confort climático dentro de la edificación y de reducir la dependencia energética. Estas estrategias se fundamentan en el aprovechamiento, utilización y manejo de los elementos característicos del entorno inmediato y de los favores variables del clima como son la iluminación y ventilación natural y la energía solar. La arquitectura pasiva busca adaptarse al contexto climático, por lo que sus estrategias deben responder a las condiciones de humedad, radiación solar, precipitaciones, temperatura, vientos y características topográficas (Coronado, 2017, pág. 34).

- **Confort higrotérmico**

El confort higrotérmico en la arquitectura, es la percepción de bienestar y comodidad térmica que sienten los usuarios en el interior de una edificación, dicho confort, depende de los materiales de construcción y humedad del espacio, los cuales son determinantes para poder controlar las condiciones de habitabilidad dentro de las edificaciones.

Variables determinantes en el confort higrotérmico:

Según Coronado (2017), se determinan 6 variables del confort higrotérmico:

Variables físicas:

- ✓ Temperatura del aire, indica la temperatura interna del aire que se encuentra en un espacio que rodea al ocupante.
- ✓ Velocidad del aire, movimiento del aire de una distancia a otra. Adicionalmente influye en el movimiento del viento de una zona de alta presión a una zona de baja presión.
- ✓ Humedad relativa del aire, porcentaje de agua evaporada contenida en el aire.
- ✓ Temperatura radiante media, promedio de la temperatura que irradia la superficie en los espacios que interactúan con los ocupantes.

Variables relacionadas con el ocupante:

- ✓ Carga térmica metabólica, temperatura operativa creada por el cuerpo humano al realizarse cualquier actividad.
- ✓ Vestimenta del ocupante.

Enfriamiento pasivo

Uno de los propósitos del diseño pasivo, es reducir las necesidades energéticas para lograr el confort térmico en la edificación, por medio de las estrategias contempladas en el diseño, según Herrera (2014), el enfriamiento pasivo es un proceso que se lleva a cabo para perder el calor espontáneo de un espacio arquitectónico, estas áreas se enfrían de manera natural a la temperatura ambiente en la que se encuentran. Según Coronado (2017), Estrategias:

- ✓ Ventilación - Ventilación cruzada y Efecto chimenea
- ✓ Protección Solar - Elementos generadores de sombras
- ✓ Vegetación
- ✓ Enfriamiento por evaporación - Enfriamiento evaporativo y Torre de enfriamiento

- ✓ Masa térmica – Cubierta húmeda
- ✓ Aislamiento térmico
- ✓ Compacidad
- ✓ Envolvente

- **Confort visual**

Son elementos del diseño arquitectónico pasivo, que buscan mejorar la captación de luz natural, aprovechando la mayor cantidad de luz diurna repartida en el interior del espacio, ésta debe ser controlada para evitar la llegada de luz en exceso, ya que este supuesto puede causar discomfort visual.

La Universidad Militar Nueva Granada (s.f.), afirma: “Las condiciones necesarias para el confort visual son los siguientes:

- ✓ Iluminación uniforme.
- ✓ Luminancia óptima.
- ✓ Ausencia de brillos deslumbrantes.
- ✓ Condiciones de contraste adecuadas.
- ✓ Colores correctos.
- ✓ Ausencia de luces intermitentes o efectos estroboscópicos”.

- **Confort acústico**

Son principios que buscan el nivel sonoro adecuado en una edificación, permitiendo lugares confortables para el descanso y la salud. Estrategias:

- ✓ Aislamiento acústico: es la combinación de materiales y técnicas constructivas que se utilizan para disminuir el nivel sonoro de un espacio.

4. Análisis del sitio

En este capítulo, se analizará el contexto, ubicación, descripción y las variables climáticas del sitio en que se propone ubicar el proyecto, con el fin de identificar el panorama actual y las condiciones que pueden incidir en el caso de estudio propuesto.

4.1 Lugar

Magangué es un municipio colombiano que se sitúa en el departamento de Bolívar, localizado a orillas del río Magdalena, (Ver figura 21). se encuentra ubicado entre la Depresión Momposina y la Mojana Bolivarenses, colinda al norte con el municipio de Córdoba, al oriente con el municipio de Santa Cruz de Mompox, al sur con el municipio de Achí y al occidente con el Departamento de Sucre. Su área total es de 1568km², sus coordenadas geográficas son: Latitud 9°14'48"N – Longitud -74°45'34"O, su altitud media es de 49 m.s.n.m. Magangué es conocida como “La Capital de los Ríos”, debido a que en este lugar desembocan los ríos Cauca y San Jorge en el Magdalena, adicionalmente se encuentra en la zona con mayor número de ciénagas en Colombia: 320.000 hectáreas de las 478.419 registradas.



Figura 22. Vista aérea del Municipio de Magangué. Caracol Radio. 2018. Copyright ©

4.2 Análisis Variables Climáticas

Según la resolución 549 de 2015 en su anexo No. 1 “Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones”, Magangué se encuentra clasificado en el clima cálido húmedo (Ver figura 23), donde es predominante el exceso de calor que a su vez aumenta por la alta humedad, mantiene constante su temperatura diurna sin presentar variaciones considerables. Adicionalmente por medio del software Meteonorm Versión 8, se obtienen las referencias climáticas del municipio, gracias a que él procesa los datos recopilados por las diferentes estaciones meteorológicas a nivel mundial. Para este caso en particular, se emplearán los reportes de la estación No. 25025100 que se encuentra localizada en el Aeropuerto Baracoa, y se reconoce como estación meteorológica climática principal. Estos datos analizados, ayudarán a definir las estrategias a implementar en el proyecto.

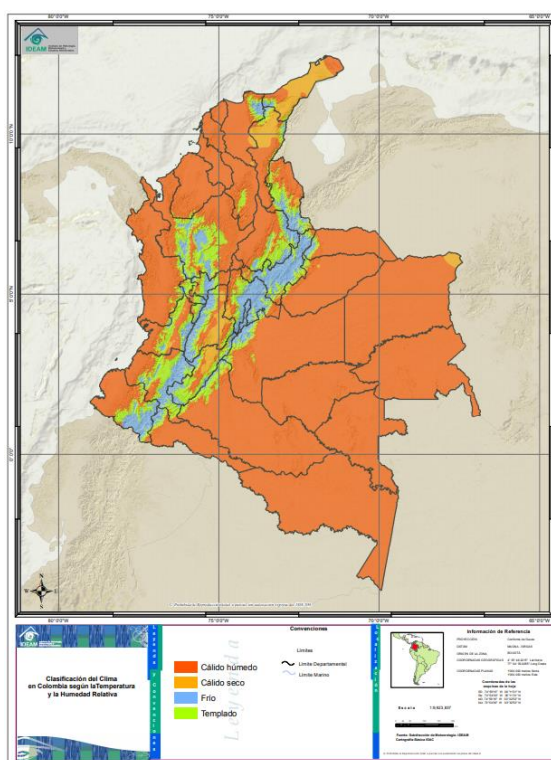


Figura 23. Clasificación del clima en Colombia según temperatura y humedad relativa. Resolución 549 de 2015, anexo No. 1 Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones. 2015. CC BY-SA.

4.2.1 Viento

Según los datos obtenidos del software Meteonorm Versión 8, Magangué se caracteriza por tener dos periodos de vientos diferentes a lo largo del año, aunque no se evidencia una variación importante, el ciclo con más vientos inicia a mediados de enero y finaliza a mediados de abril, con una velocidad promedio de 3,9 km/h. La fase con menos vientos durante el año, inicia a mediados de abril y finaliza a mediados de enero con una velocidad promedio de 3,0 km/h. Según la base de datos de Meteoblue (Ver figura 24) y Weather Spark, la dirección predominante del viento es del occidente, suroccidente y sur. Durante 10 meses, exactamente en el tiempo comprendido entre los meses de marzo a diciembre, la dirección predominante del viento proviene del occidente, y en los meses de enero y febrero, se originan desde el oriente.

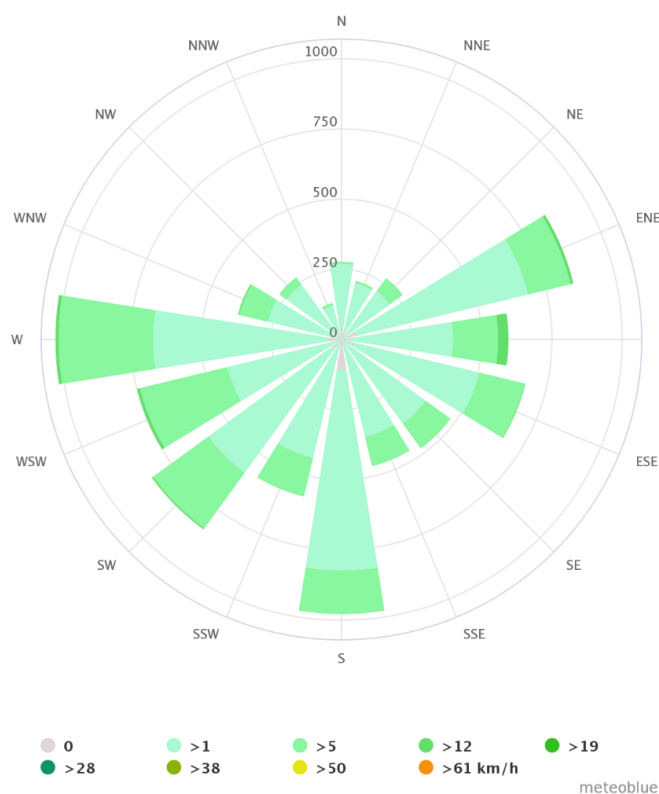


Figura 24. Dirección promedio vientos anual. Meteoblue. 2021. CC BY-NC.

4.2.2 Precipitación

Según el contenido tomado del software Meteonorm Versión 8, y en comparación con la base de datos de Meteoblue y Weather Spark, se identifica que el período con más lluvia del año en Magangué, inicia a mediados de marzo y finaliza en el mes de diciembre; octubre es el mes más lluvioso con una acumulación promedio de 99 milímetros de lluvia. La época del año con menos precipitación comienza en enero y finaliza a mediados de marzo, es entonces el primer mes del año, el menos lluvioso, con una acumulación de 6 milímetros de lluvia (Ver figura 25).

El archivo obtenido mediante Meteonorm Versión 8, se interpreta a través del software Weather Tool, el cual en el apartado de Vientos, indica el promedio anual de las precipitaciones, allí se observa que la dirección de los vientos predominantes que afectan a la lluvia en relación a su intensidad y dirección, provienen principalmente del oriente, nororiente y suroriente. Se identifica que el promedio de precipitación mensual es de 1.2mm, alcanzando días de 7mm y en temporada de lluvias de hasta 10.8mm. Es pertinente afirmar que el municipio de Magangué tiene períodos cortos de lluvia y con baja intensidad.

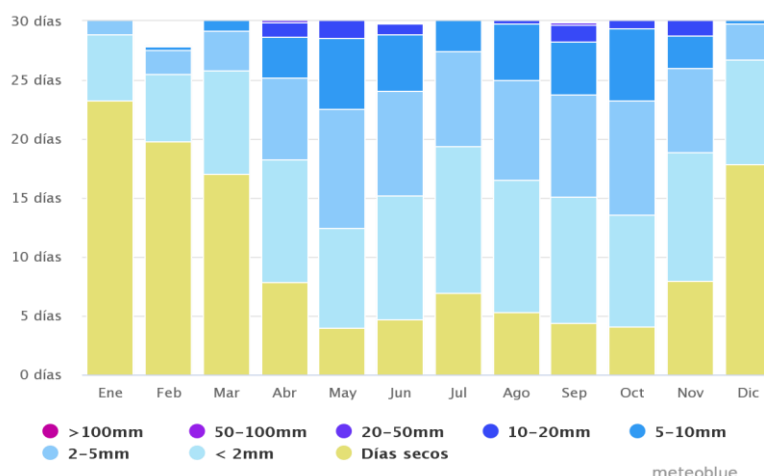


Figura 25. Precipitación promedio anual. Meteoblue. 2021. CC BY-NC.

4.2.3 Temperatura

Una vez se cargan los datos de la estación meteorológica No. 25025100, al programa Meteororm Versión 8, se obtiene un archivo que se interpreta por medio del software Weather Tool, el cual, en el apartado de temperatura indica la Temperatura de bulbo seco anual (Ver figura 26). Según los datos obtenidos del software Meteororm Versión 8, la temperatura en Magangué se caracteriza por ser constante a lo largo del año, con un promedio de 29 °C, la temperatura máxima promedio es de 32 °C y la mínima promedio es de 22 °C.

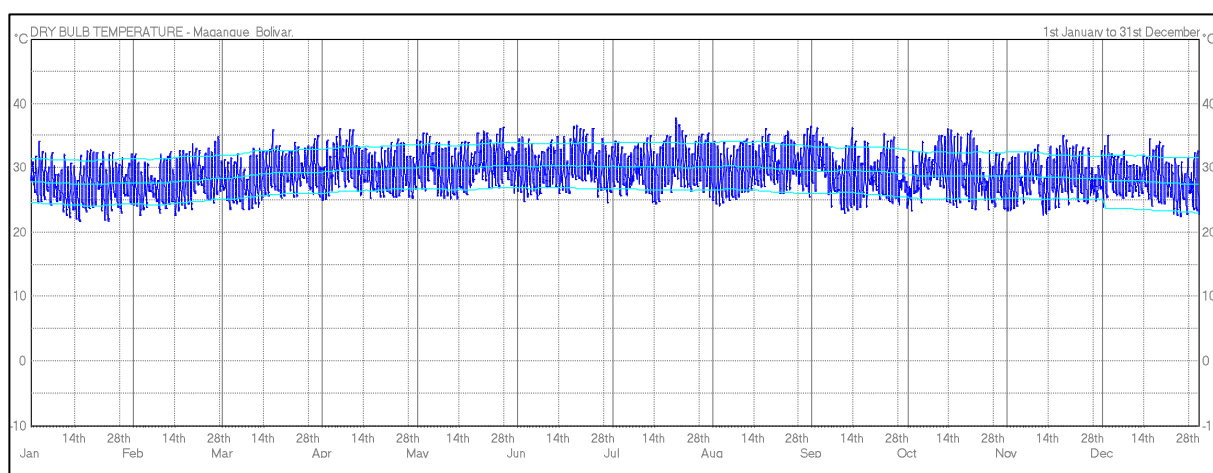


Figura 26. Temperatura de bulbo seco anual. Elaboración propia, datos obtenidos de Meteororm Versión 8, interpretada en Weather Tool. 2021. CC BY-NC-ND.

4.2.4 Humedad

La humedad en Magangué no es muy variable en el transcurso del año, según información sustraída del software Meteororm Versión 8 (Ver figura 27), la humedad relativa promedio anual es de 80%, y el mes con el porcentaje más alto es noviembre con un 87%. Este factor, influye directamente en el confort térmico, al encontrarse en un porcentaje promedio del 80% anual, se hace evidente que la mayor parte del año, Magangué tiene días calurosos y bochornosos.

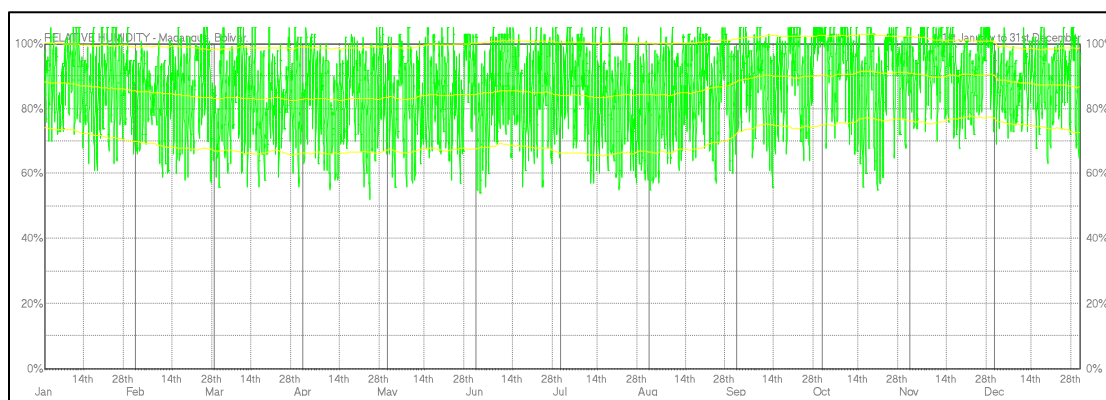


Figura 27. Humedad relativa anual. Elaboración propia, datos obtenidos de Meteonorm Versión 8, interpretada en Weather Tool. 2021. CC BY-NC-ND.

4.2.5 Día más cálido en Magangué

El día más cálido según lo analizado en Weather Tool (Ver imagen 28), con los datos obtenidos del software Meteonorm Versión 8, es el 18 de junio, con una temperatura máxima de 34 °C y una mínima de 23 °C. La humedad relativa es aproximadamente del 80%, la mayor parte del día, la variable de humedad es muy elevada, dando lugar a espacios sofocantes, realidad que aumenta el estrés térmico, y que conlleva a una percepción negativa de confort. La velocidad promedio del viento es de 3,9 km/h, lo cual puede significar un reto para garantizar renovaciones de aire adecuadas en el interior de los espacios arquitectónicos; El 18 de junio no es el día más resplandeciente del año, aun así, se evidencia un nivel de iluminación solar medio. El porcentaje de nubosidad promedio del día es del 80% y un nivel de precipitación no mayor a 4mm. Las características climáticas del día más cálido del año, lo convierte en el de mayor discomfort térmico, por lo tanto, las problemáticas de habitabilidad aumentan, y lo ubican en el referente principal para las simulaciones.

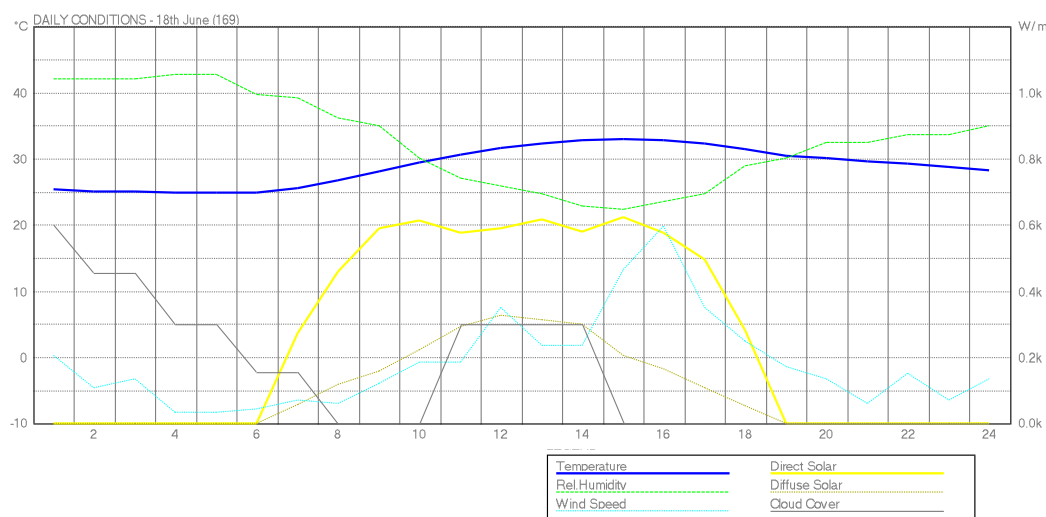


Figura 28. Día más cálido del año. Elaboración propia, datos obtenidos de Meteonorm Versión 8, interpretada en Weather Tool. 2021. CC BY-NC-ND.

5. Identificación de estrategias

Considerando las diferentes variables climáticas analizadas anteriormente, se describen a continuación, las estrategias del método pasivo adecuadas para implementar en el diseño del módulo de albergue de emergencia temporal.

5.1 Implantación

Para identificar la estrategia de implantación en el proyecto, se analizarán dos factores importantes: el primero, es la carta estereográfica del terreno, la cual permitirá dar a conocer la forma en la que el sol afecta en diferentes épocas del año al volumen implantado en el terreno, y el segundo factor es la orientación adecuada que debe tener el volumen en el terreno según la orientación del sol (salida y puesta del sol).

5.1.1 Carta estereográfica

En Magangué para las coordenadas geográficas: Latitud $9^{\circ}27'39''\text{N}$ – Longitud -

74°76'23"O, lugar en el que se implantará el proyecto, en la carta estereográfica (Ver figura 29), se demarca que el volumen que se implante en el terreno durante el solsticio de verano (21 de junio, color azul), recibirá el sol principalmente en la fachada nororiental en horas de la mañana, y en la tarde en la fachada noroccidental; en el solsticio de invierno, (21 de diciembre, color rojo) el sol afecta principalmente la fachada suroriental y en la tarde en la fachada suroccidental; tanto en el equinoccio de primavera (21 de marzo, color verde) y de otoño, (21 de septiembre, color verde) el sol se comporta igual y afecta al volumen en horas de la mañana directamente en la fachada oriental, y en horas de la tarde en la fachada occidental.

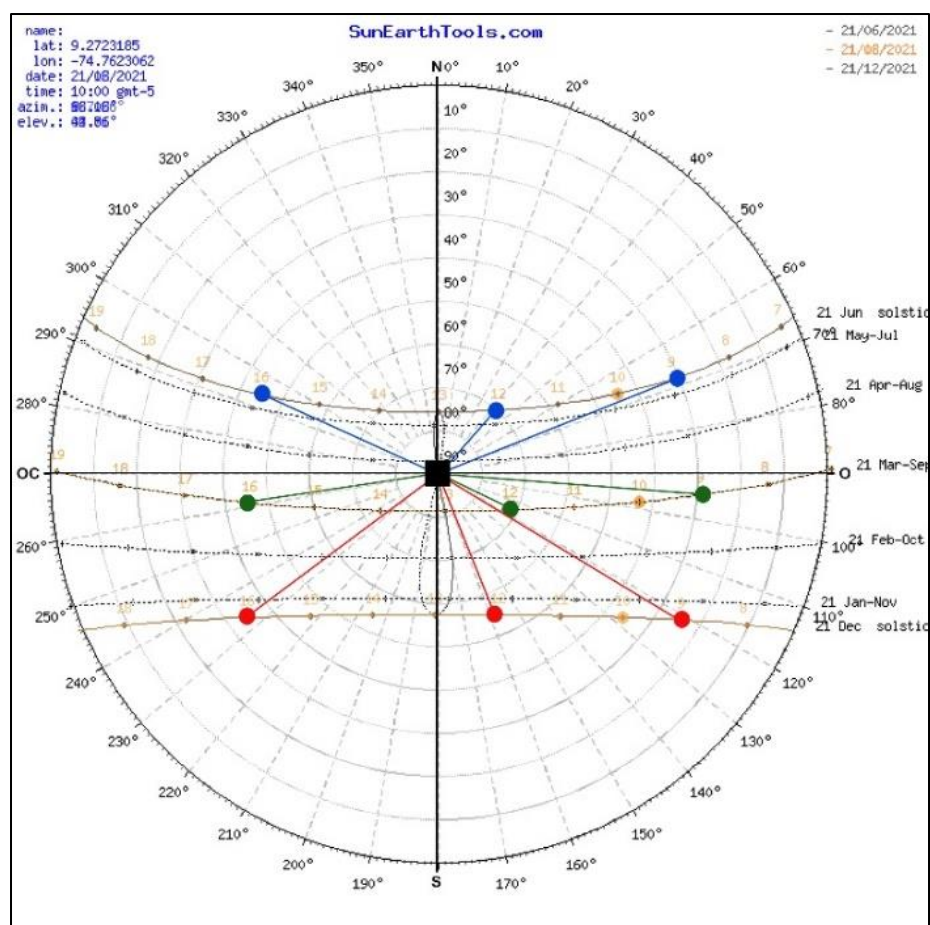


Figura 29. Carta estereográfica Magangué. Gráfica alborada en SunEarthTools.com. 2021. CC BY-NC-ND.

5.1.2 Orientación óptima

Los datos de Meteonorm Versión 8 para Magangué, analizados por medio del software Weather Tool, arrojan que: la orientación más adecuada para el módulo, consiste en ubicar las caras más largas en el eje oriente-occidente, en este orden de ideas, las fachadas más largas quedan orientadas en sentido norte-sur, con el fin de conseguir la menor exposición solar posible, debido a que en el clima cálido - húmedo, característico de Magangué, se hace indispensable velar por la disminución del impacto directo del sol en el transcurso del día, para que a su vez se logre la reducción de altas temperaturas en el interior del espacio, que sin duda alguna afectan las condiciones de habitabilidad por sobrecalentamiento. De igual manera, el Software indica que se debe generar una rotación de 7 ° al sur oriente, para garantizar una mayor protección en relación al trayecto solar ocasionado en los solsticios y equinoccios.

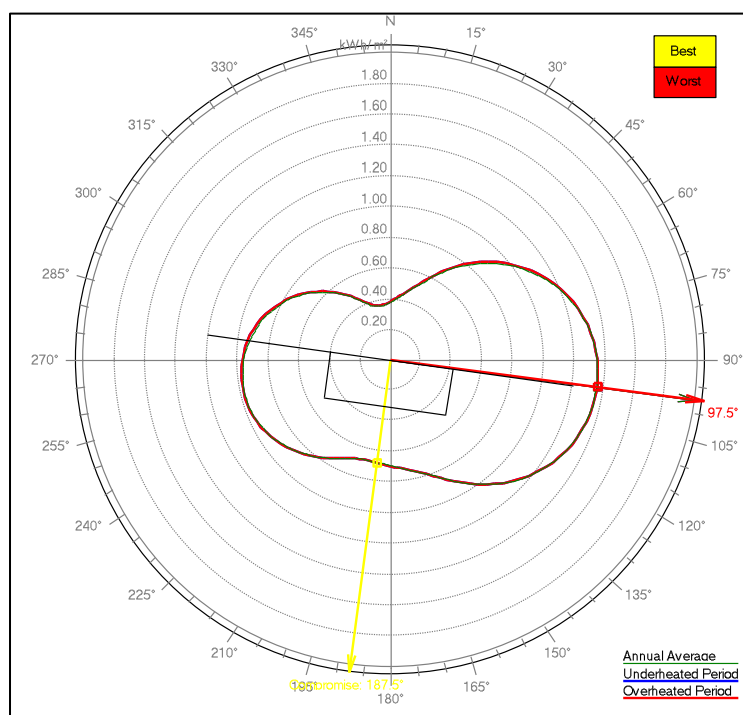


Figura 30. Mejor Orientación. Elaboración propia, datos obtenidos de Meteonorm Versión 8, interpretada en Weather Tool. 2021. CC BY-NC-ND.

a 29°C. Además, es importante considerar la implementación de ciertas estrategias para el diseño de edificaciones, detalladas a continuación:

- ✓ Protección solar
- ✓ Refrigeración por alta masa térmica
- ✓ Refrigeración por evaporación
- ✓ Refrigeración por ventilación natural y mecánica
- ✓ Deshumidificación convencional

Basados en el resultado anterior, se determina que los principales métodos a implementar en el diseño pasivo, en búsqueda del confort higrotérmico del módulo de albergue temporal, se encuentran relacionadas con la refrigeración, deshumidificación y protección solar.

5.2.2 Tablas de Mahoney

Las tablas de Mahoney para Magangué, indican que durante los 12 meses del año, existe estrés térmico por golpes de calor tanto en el día, como en la noche, por lo tanto, el indicador que se exhibe en la tabla durante todos los meses del año es el H1 (necesidad de ventilación debido a la humedad y el calor) , en este caso, se hace indispensable el uso de la ventilación esencial en el diseño de la edificación, ya que es indiscutible que el clima presenta un nivel considerable de calor y humedad. Las Tablas de Mahoney, recomiendan las siguientes estrategias arquitectónicas para el sistema pasivo:

- ✓ **Plan de masa:** Edificios orientados en eje oriente – occidente (Menor exposición solar)
- ✓ **Espacio entre edificios:** Grandes espacios que favorezcan la circulación del viento.

- ✓ **Circulación del aire:** Edificios con orientación simple, dispositivos que permitan una circulación de aire permanente.
- ✓ **Dimensiones de las aberturas:** Grandes, entre 40% a 80%, fachadas norte y sur.
- ✓ **Protección de las aberturas:** Aberturas en muros norte y sur, a la altura humana del lado expuesto del viento.
- ✓ **Muros:** Materiales ligeros, con débil inercia térmica.
- ✓ **Tejados:** Materiales ligeros, revestimiento reflectante y cámara interna de aire.

5.3 Conclusión

Conforme con las estrategias identificadas y analizadas por medio de Weather Tool, El Diagrama Psicrométrico de Givoni y Las Tablas de Mahoney, se puede entrever que los métodos usados para lograr el confort higrotérmico, se deben implementar en el diseño pasivo del módulo de albergue temporal de emergencia. Dichas estrategias, deben centrarse principalmente en la refrigeración, por medio de aberturas que mantengan un flujo de aire permanente, donde la ventilación predominante ingrese por el occidente; debido a que es la dirección que prevalece durante 10 meses en el año; deben ser módulos con una altura interna adecuada que permita tener una mayor amplitud para el movimiento del calor al interior de un espacio, evitando la acumulación del mismo, lo cual generaría un incremento de las temperaturas interiores, y una apropiada elevación del módulo, utilizando bien sea, estrategias de refrigeración donde se juega con la ventilación y la masa del elemento, ventilación cruzada o el efecto chimenea; los materiales a implementar en el modelo según lo recomendado por Mahoney, deben ser ligeros, con débil inercia térmica para los muros, y de revestimiento reflectante para las cubiertas. Además, las estrategias para lograr el confort visual se deben centrar especialmente en aberturas bien localizadas en las fachadas norte y sur, siguiendo la recomendación de Las Tablas de Mahoney de un tamaño relación

ventana - pared del 40% a 80%; referente a la implantación, es claro que la mejor orientación del volumen debe ser en el eje oriente - occidente, buscando así una menor exposición solar. Lo planteado anteriormente, se utilizará en el diseño pasivo del módulo de albergue temporal que se describe en el presente trabajo.

6. Desarrollo y resultados

A continuación, se expondrá el diseño del módulo de albergue temporal propuesto, y las diferentes simulaciones realizadas el día más cálido (18 de junio), para lograr el confort higrotérmico y confort visual adecuado para los posibles ocupantes que se encuentren en situaciones de vulnerabilidad, con la finalidad de evitar el hacinamiento, y cumplir con las condiciones mínimas de habitabilidad tratadas anteriormente.

6.1.1 Diseño, Dimensiones del Módulo

Para iniciar con el diseño, se plantean tres posibles dimensiones espaciales (Ver figura 32) para el módulo de albergue temporal, estas tres propuestas, tienen un área de 21 m^2 con la capacidad de albergar a una familia de hasta 6 miembros, cumpliendo así el valor de $3,5 \text{ m}^2$ por persona según lo indicado por el Manual estandarización de ayuda humanitaria.

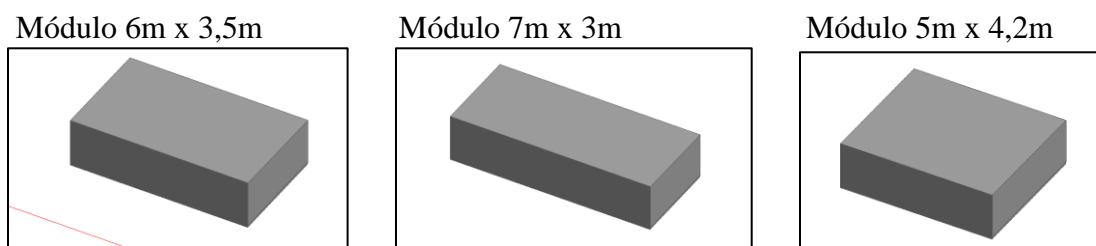
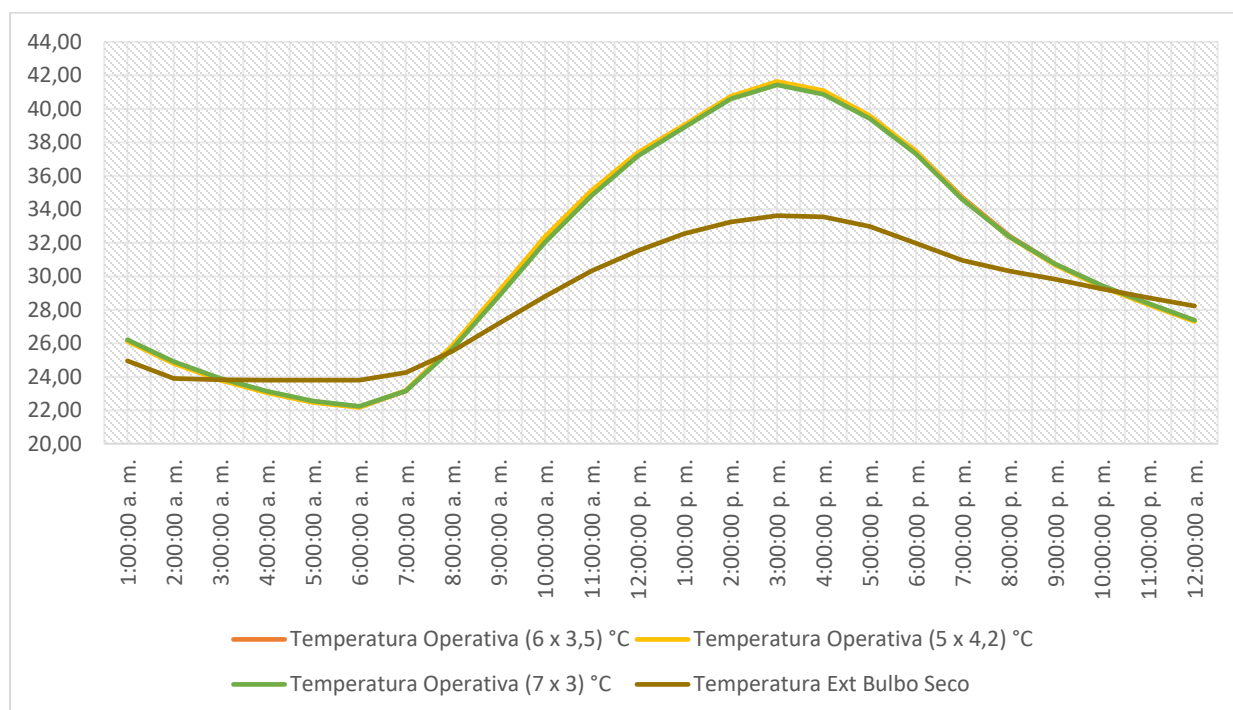


Figura 32. Propuestas de diseño de dimensiones del módulo de albergue temporal. Elaboración propia, datos obtenidos en DesignBuilder 7. 2021. CC BY-NC-ND.

Las dimensiones más adecuadas, debido a que reducen la temperatura operativa interna del módulo según los datos obtenidos en DesignBuilder 7, son: módulo 6m x 3,5m, los resultados se

evidencian en la gráfica 2, con una temperatura operativa máxima de 41,5 °C y una temperatura mínima de 22,20 °C vs módulo 5m x 4,2m, con una temperatura operativa máxima de 41,7 °C y una temperatura mínima de 22,22 °C vs módulo 7m x 3m, con temperatura operativa máxima de 41,55 °C y temperatura mínima de 22,24 °C.



Gráfica 2. Dimensiones, 6m x 3,5m vs 5m x 4,2m vs 7m x 3m. Elaboración propia, datos obtenidos en DesignBuilder 7 y analizados en Excel. 2021. CC BY-NC-ND.

6.1.2 Diseño, Morfología del Módulo

Según lo anterior, el módulo se diseña con dimensiones de 6m x 3,5m, se sugiere hacer una modificación, teniendo en cuenta tres tipos diferentes de morfología (Ver figura 33), además es necesario identificar los resultados obtenidos, al combinar las tres estrategias de morfología.

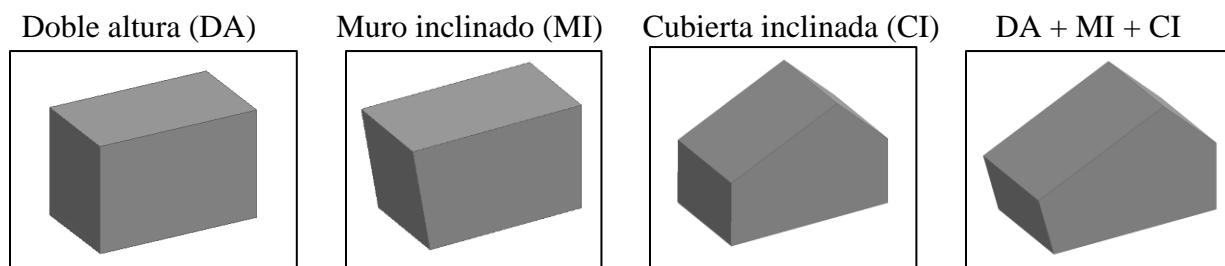
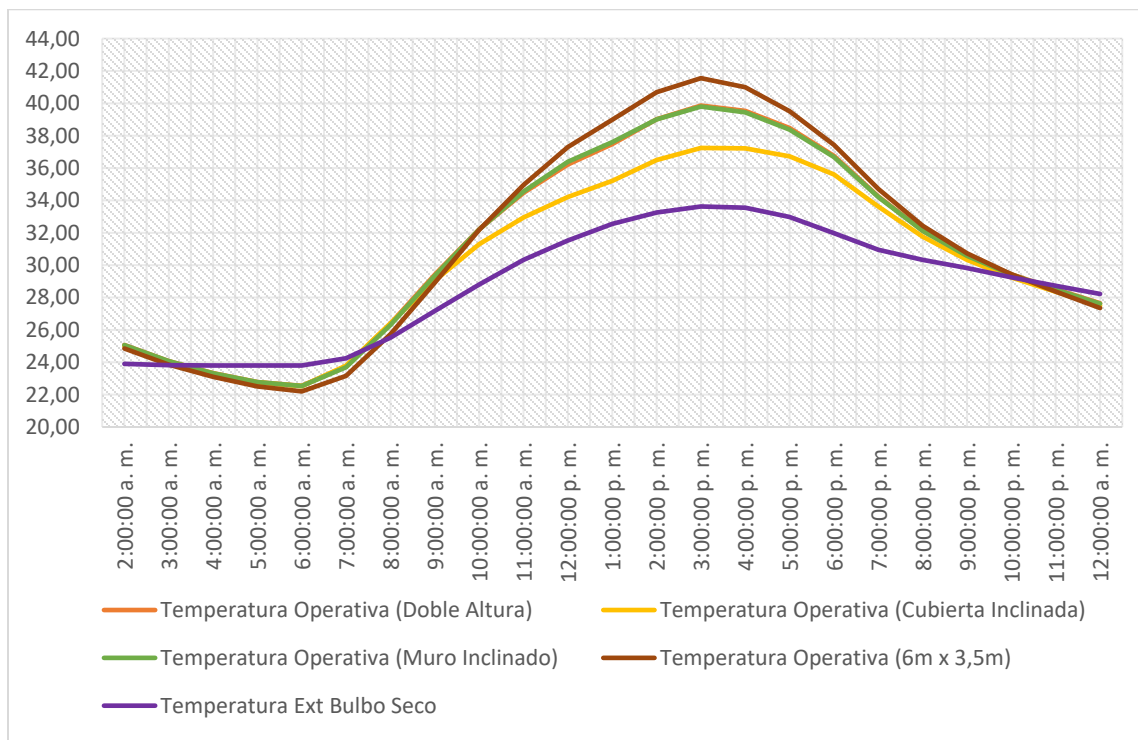


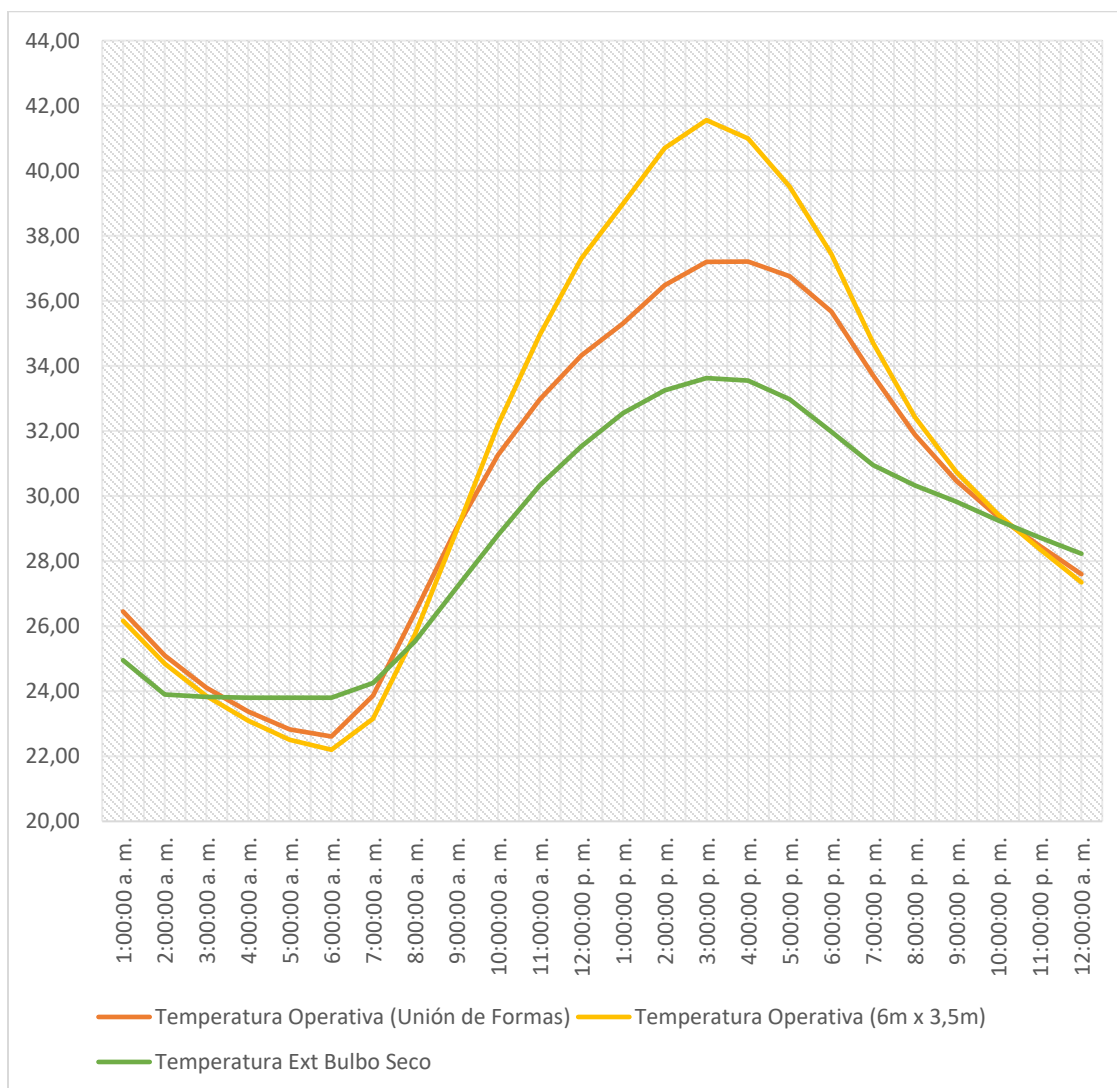
Figura 33. Propuesta de diseño de morfologías del módulo de albergue temporal. Elaboración propia, datos obtenidos en DesignBuilder 7. 2021. CC BY-NC-ND.

Se ponen en consideración tres planteamientos para la morfología del módulo vs las dimensiones del módulo base (6m x 3,5m), según los datos obtenidos en DesignBuilder 7, donde se observa que cada una de las estrategias morfológicas reducen la temperatura interior operativa (Ver gráfica 3). Basados en lo anterior, se puede concluir que, con la estrategia de Doble Altura, se logra una temperatura máxima operativa de 39,80 °C vs el módulo base (6m x 3,5m), con una temperatura máxima operativa de 41,55 °C; con la opción de Cubiertas Inclinadas, se alcanza una temperatura máxima operativa de 37,20 °C vs el módulo base (6m x 3,5m), con una temperatura máxima operativa de 41,55 °C; con la propuesta de Muro Occidental Inclinado, se obtiene una temperatura máxima operativa de 37,20 °C vs el módulo base (6m x 3,5m), con una temperatura máxima operativa de 41,55 °C. Lo anterior sugiere evidenciar lo que ocurre al unificar las 3 estrategias propuestas.



Gráfica 3. Forma, D Altura vs C Inclinadas vs M Occidental Inclinado. Elaboración propia, datos obtenidos en DesignBuilder 7 y analizados en Excel. 2021. CC BY-NC-ND.

Según la gráfica 4, en comparación con la gráfica 3, es determinante que la consolidación de las estrategias de morfología expuestas, favorece a la reducción de la temperatura operativa al interior del módulo base, debido a que se logra una temperatura máxima operativa de 37,20 °C vs el módulo base (6m x 3,5m), con una temperatura máxima operativa de 41,55 °C, logrando así una reducción de 4,35 °C.



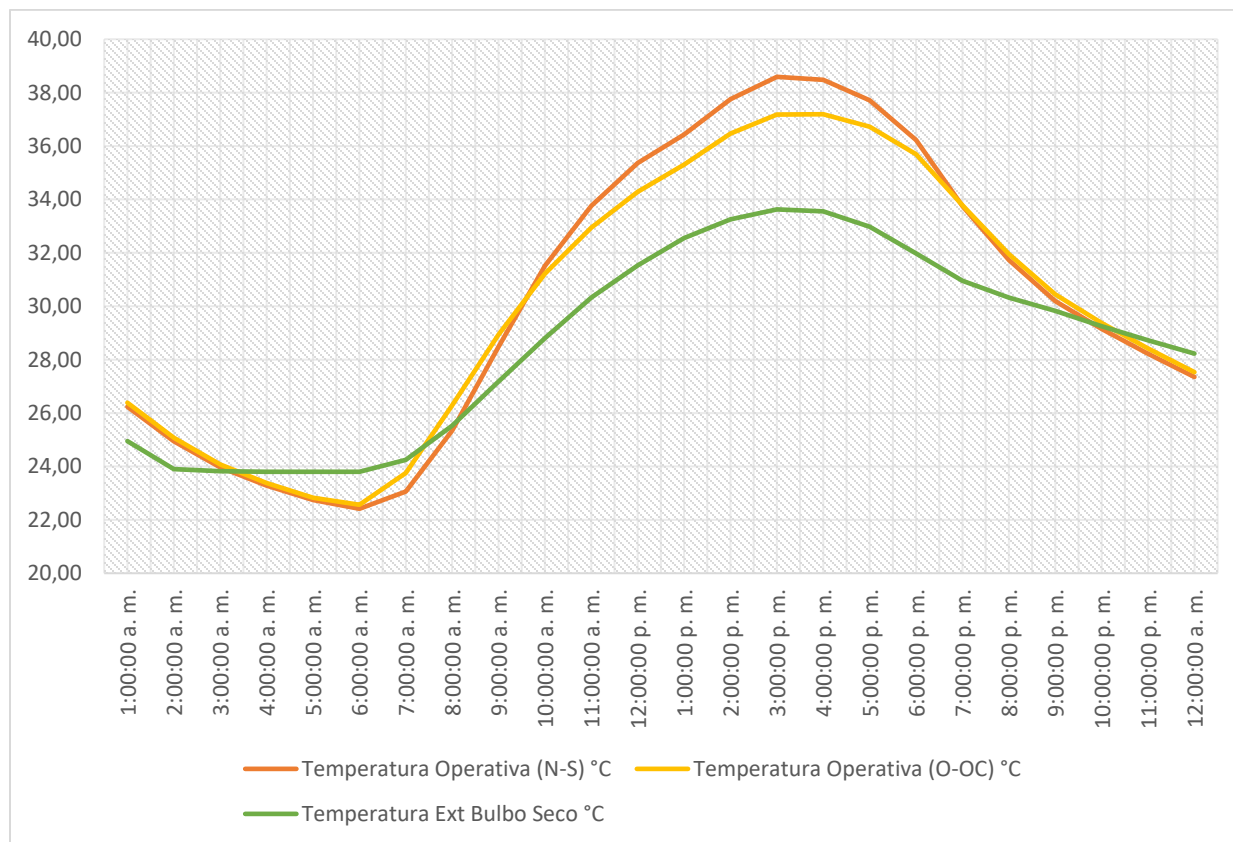
Gráfica 4. Dimensiones, Forma Base 6m x 3,5m vs Unión de Formas. Elaboración propia, datos obtenidos en DesignBuilder 7 y analizados en Excel. 2021. CC BY-NC-ND.

6.1.3 Diseño, Orientación del Módulo

Mejor Orientación

La mejor orientación, conforme a los datos obtenidos en DesignBuilder 7, es en la que el módulo se localiza en el eje principal oriente - occidente, los resultados se revelan en la gráfica 5, donde según lo analizado, la temperatura operativa máxima a la que llega el volumen en dicha posición, es de 37,20 °C vs la orientación norte – sur que es de 38,60 °C, siendo esta última la que

posee temperaturas más elevadas.



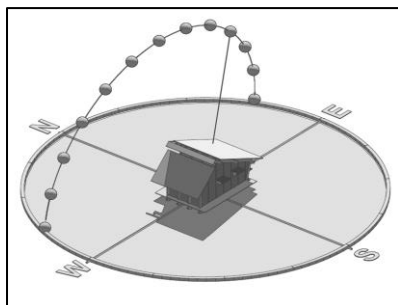
Gráfica 5. Orientación, Norte – Sur vs Orientación, Oriente - Occidente. Elaboración propia, datos obtenidos en DesignBuilder 7 y analizados en Excel. 2021. CC BY-NC-ND.

El estudio solar en los diferentes solsticios y equinoccios (Ver figura 34), muestra que la ubicación de las fachadas más largas en el eje oriente – occidente, favorece a la formación de una especie de protección solar por medio de aleros y persianas en las ventanas, con el fin de resguardar el módulo ante la radiación solar directa.

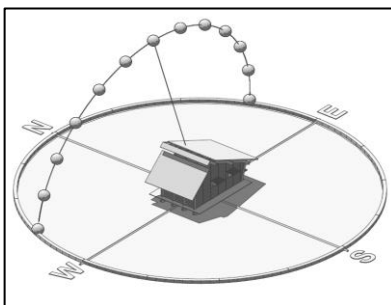
Estudio solar con la mejor orientación del módulo (Oriente – Occidente)

Solsticio de Verano – 21 de junio

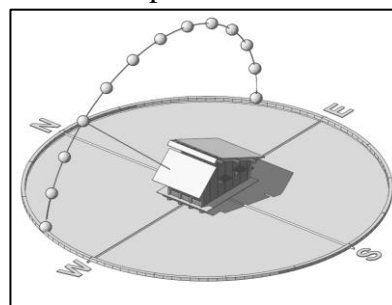
9:00am



12:00m

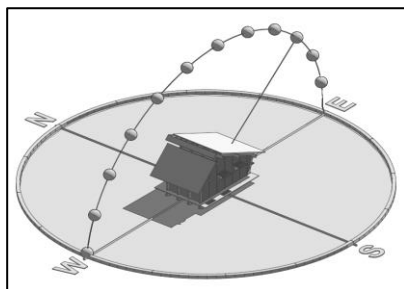


3:00pm

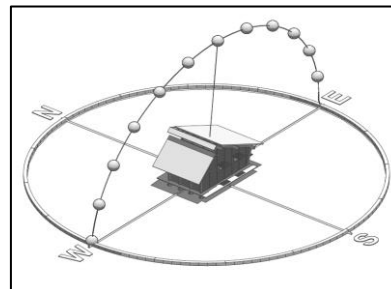


Equinoccio de Primavera - 21 de marzo y Equinoccio de Otoño - 21 de septiembre

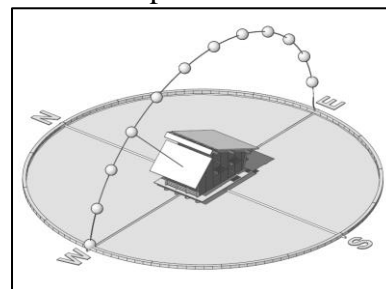
9:00am



12:00m

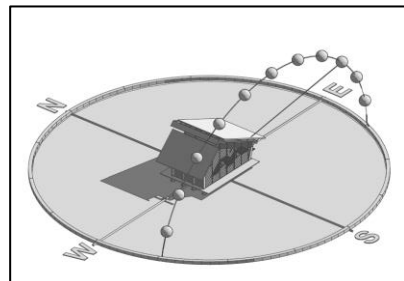


3:00pm

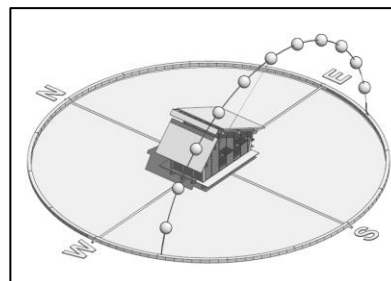


Solsticio de Invierno – 21 de diciembre

9:00 am



12:00m



3:00pm

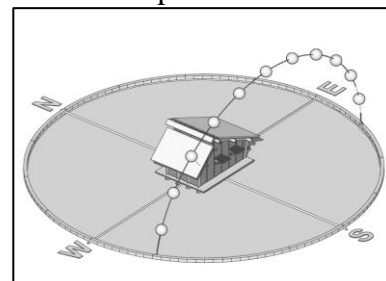


Figura 34. Estudio Solar Módulo de Emergencia Albergue Temporal. Elaboración propia, datos obtenidos en

Archicad 23. 2021. CC BY-NC-ND.

6.1.4 Diseño, Ventilación Natural del Módulo

A los análisis previos, respecto a las mejores alternativas de morfología y orientación para el módulo, se le deben sumar las mejores estrategias de ventilación natural (Ver figura 35), para así poder definir si dichas prácticas, pueden disminuir la temperatura operativa, por lo anterior, se plantean dos alternativas de ventilación natural, adicionalmente se valida lo sucedido con el módulo ante la agrupación de dichas estrategias..

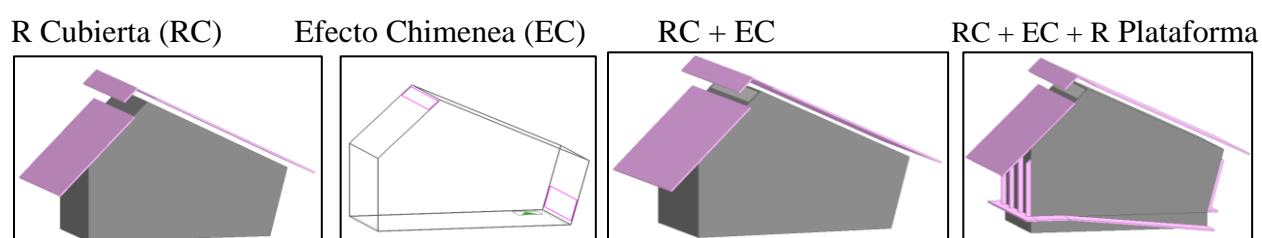
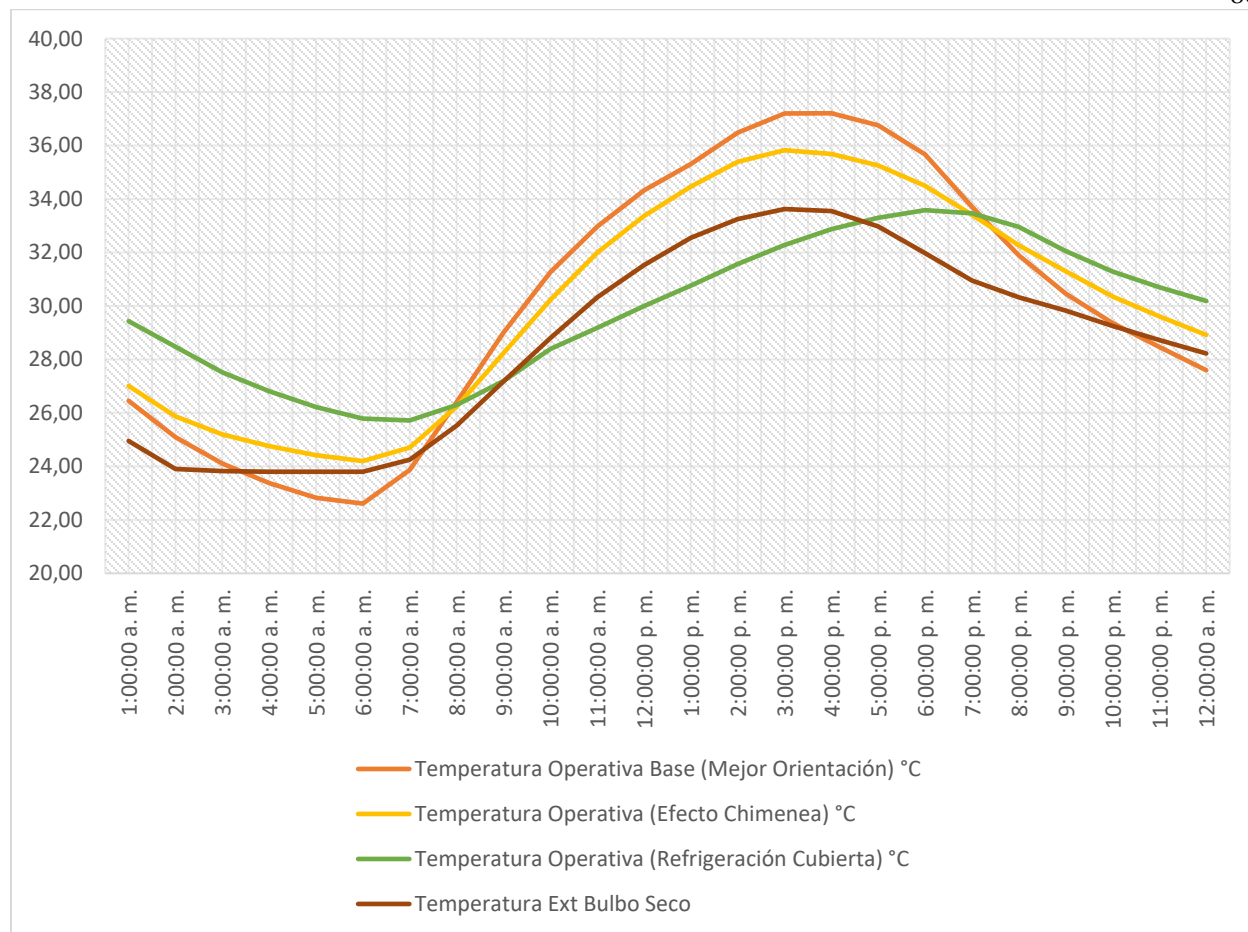


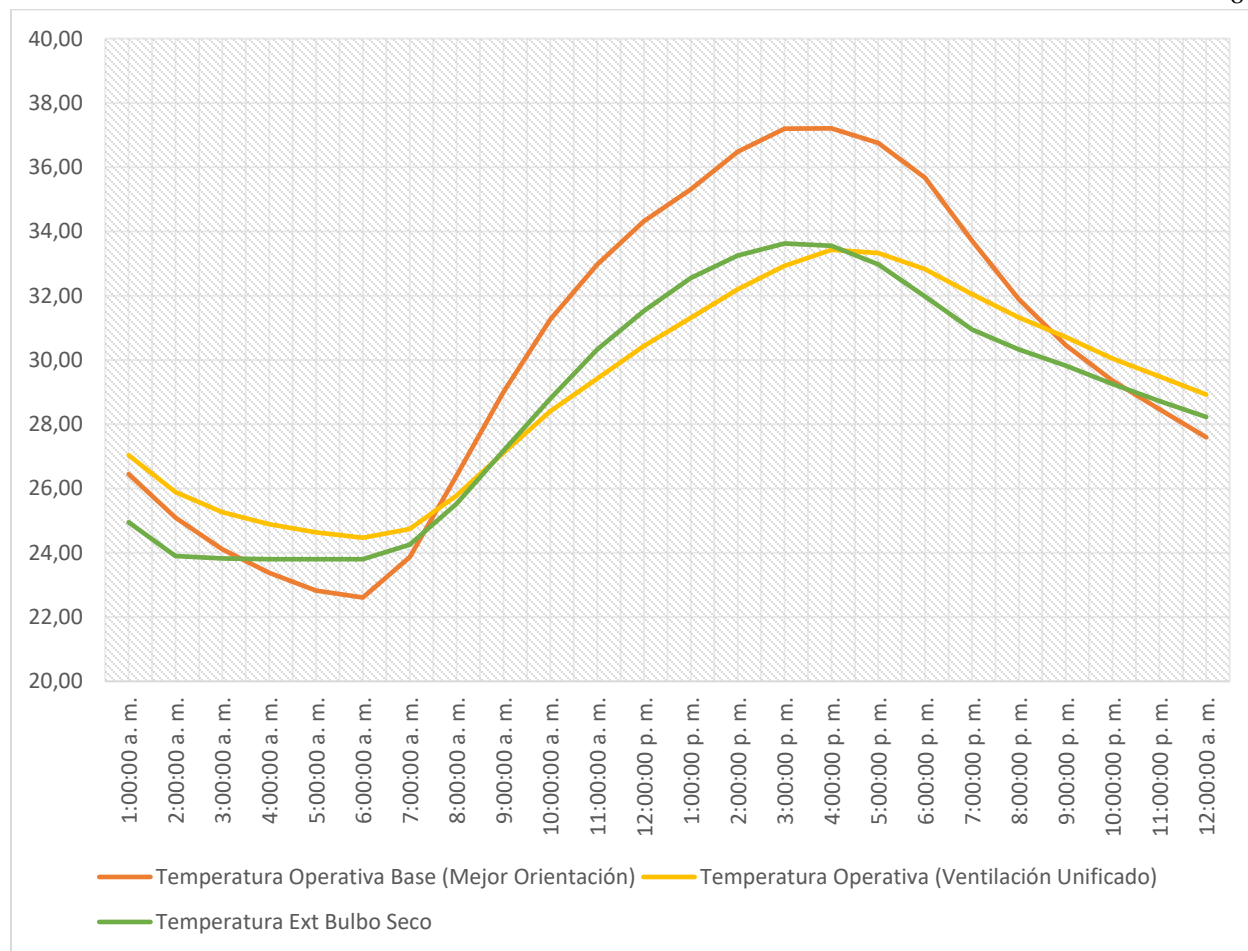
Figura 35. Propuesta de diseño de ventilación natural del módulo. Elaboración propia, datos obtenidos en DesignBuilder 7. 2021. CC BY-NC-ND.

Se detallan dos ideas para la ventilación natural, vs la mejor orientación del módulo base, según los datos obtenidos en DesignBuilder 7, donde se observa que cada una de las alternativas de ventilación disminuyen la temperatura interior operativa (Ver gráfica 6). Según lo previsto, con la estrategia de Efecto Chimenea se logra una temperatura máxima operativa de 35,69 °C vs el módulo base (Mejor Orientación) con una temperatura máxima operativa de 37,20 °C.; si se plantea la Refrigeración por Cubierta se obtiene una temperatura máxima operativa de 32,87 °C vs el módulo base (Mejor Orientación) con una temperatura máxima operativa de 37,20 °C.



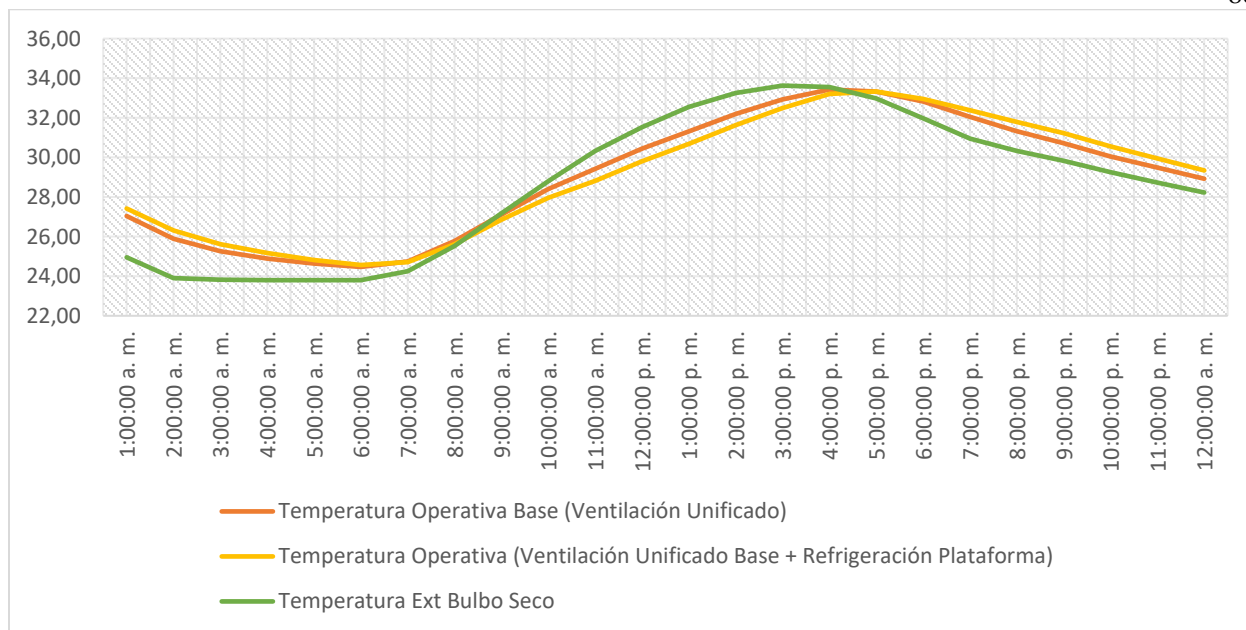
Gráfica 6. Ventilación, Efecto chimenea vs Refrigeración Chimenea vs Base. Elaboración propia, datos obtenidos en DesignBuilder 7 y analizados en Excel. 2021. CC BY-NC-ND.

Tomando como referencia la gráfica 6 respecto a la gráfica 7, se ratifica que la unificación de dichas estrategias de ventilación natural, favorece a la reducción de la temperatura operativa del interior del módulo base. Podemos concluir entonces que, con las estrategias de ventilación natural unificadas, se alcanza una temperatura máxima operativa de 33,40 °C vs el módulo base (Mejor orientación), con una temperatura máxima operativa de 37,20 °C, logrando así una reducción de 3,80 °C al módulo base (Mejor orientación).



Gráfica 7. Ventilación, Base vs Estrategias de ventilación unificadas. Elaboración propia, datos obtenidos en DesignBuilder 7 y analizados en Excel. 2021. CC BY-NC-ND.

Se eleva el módulo 0,50m del suelo por medio de una plataforma para: generar aislamiento y proteger de posibles efectos climáticos, e implementar por medio de dicha plataforma el efecto de refrigeración, con el fin de fomentar la reducción de la temperatura operativa del módulo (Ver gráfica 8). Por lo expuesto previamente, con las estrategias de refrigeración por plataforma, se logra una temperatura máxima operativa de 33,20 °C vs el módulo base (Ventilación Unificado), con una máxima operativa de 33,40 °C consiguiendo así una disminución de 0,20 °C al módulo base (Ventilación Unificado).



Gráfica 8. Ventilación, Base Ventilación Unificado vs Base Ventilación Unificado + Estrategias Refrigeración Plataforma. Elaboración propia, datos obtenidos en DesignBuilder 7 y analizados en Excel. 2021. CC BY-NC-ND.

6.1.5 Diseño, Iluminación Natural del Módulo

A las estrategias más adecuadas de diseño del módulo mencionadas con antelación, se incluirá la iluminación natural, para la que se proponen tres posibilidades de porcentajes de acristalamiento con el fin de permitir el paso de luz natural.

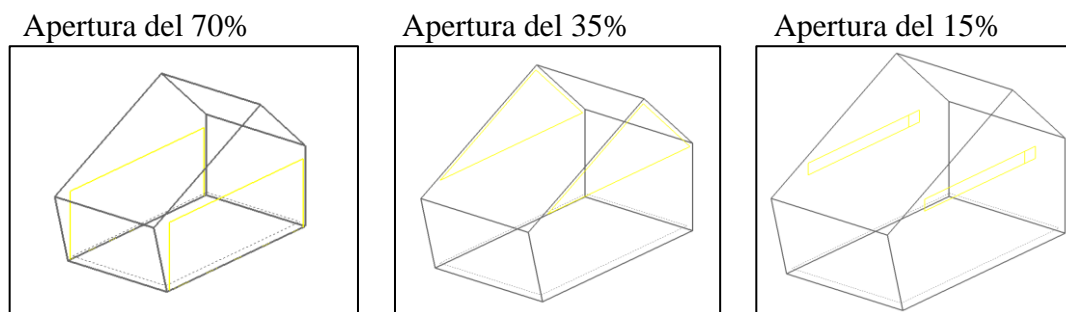
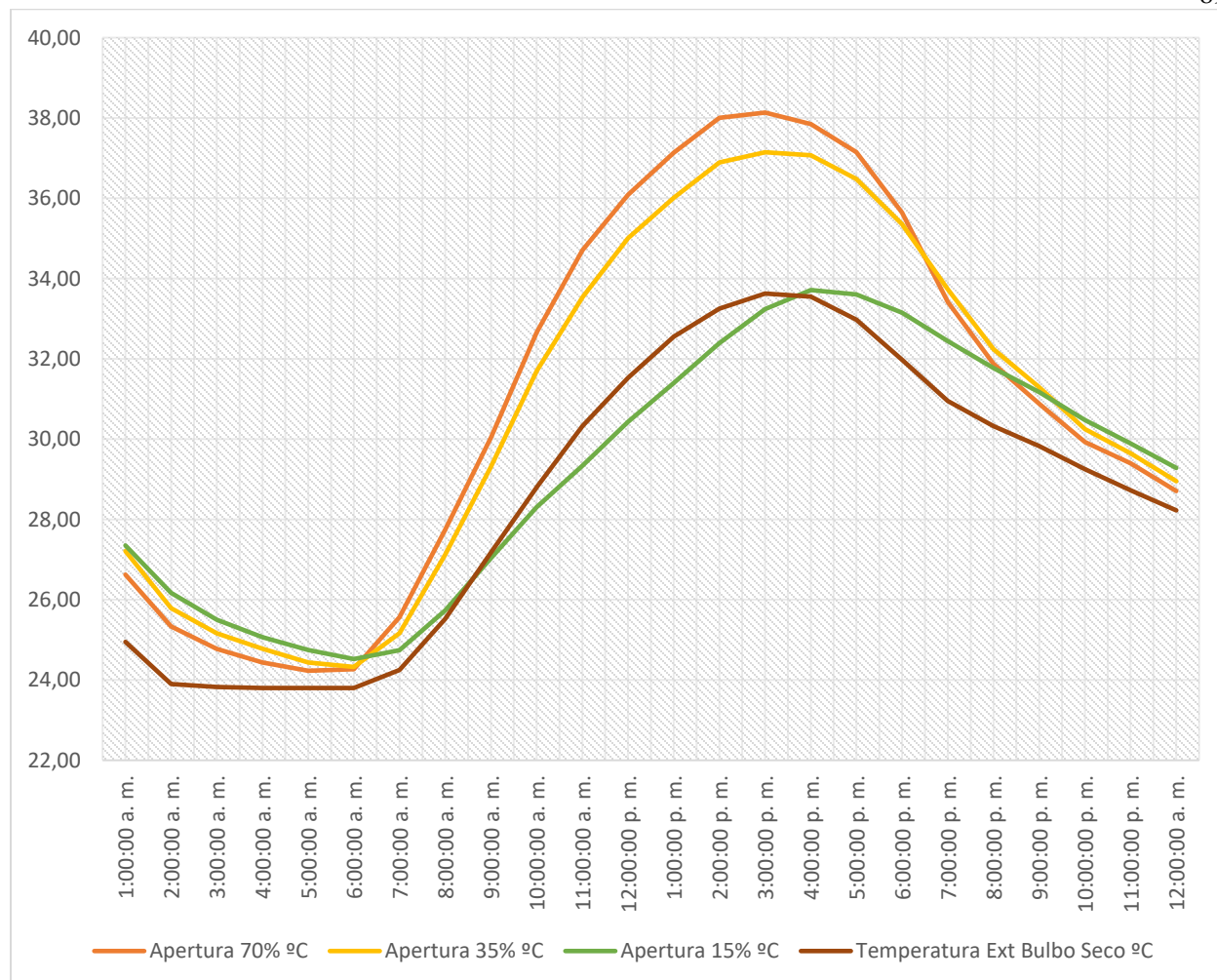


Figura 36. Propuesta de aperturas para iluminación natural. Elaboración propia, datos obtenidos en DesignBuilder 7 (2021). CC BY-NC-ND.



Gráfica 9. Apertura 70% vs Apertura 35% vs Apertura 15%. Elaboración propia, datos obtenidos en DesignBuilder 7 y analizados en Excel. 2021. CC BY-NC-ND.

Se detallan tres fórmulas para la iluminación natural del módulo, según los datos obtenidos en DesignBuilder 7, donde se observa que el mejor porcentaje de apertura para iluminación natural es la del 15%, ya que es el que menos afecta la temperatura interior operativa del módulo (Ver gráfica 9). Por lo tanto, con las aperturas de iluminación al 15%, se logra una temperatura máxima operativa de 33,20 °C vs apertura de iluminación 35%, con una temperatura máxima de 37,14 °C vs apertura de iluminación 70%, con una temperatura máxima operativa de 38,13 °C.

6.1.6 Diseño, Materialidad del Módulo

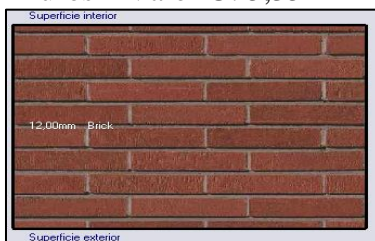
En el proceso de identificación del mejor conjunto de materiales a implementar en el módulo, se muestran dos grupos de materiales (Ver figura 37), el grupo A, es el convencional y más utilizado en la construcción colombiana de emergencia, y el grupo B, que consta de materiales naturales conformados principalmente por cubiertas vegetales y aglomerados de madera en el piso y muros tipo sándwich, con una cámara de aire interna.

Materiales opción módulo (A)

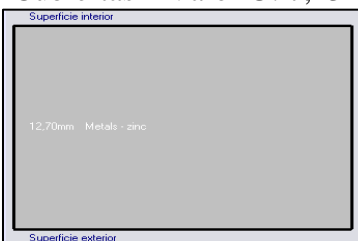
Piso – Valor U: 2,78



Muros – Valor U: 5,35



Cubiertas – Valor U: 7,13



Materiales opción módulo (B)

Piso – Valor U: 1,31



Muros – Valor U: 1,76



Cubiertas – Valor U: 1,82

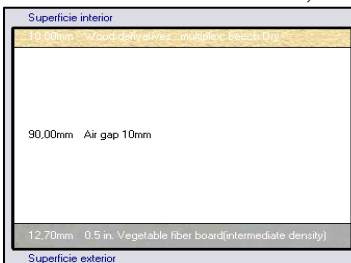
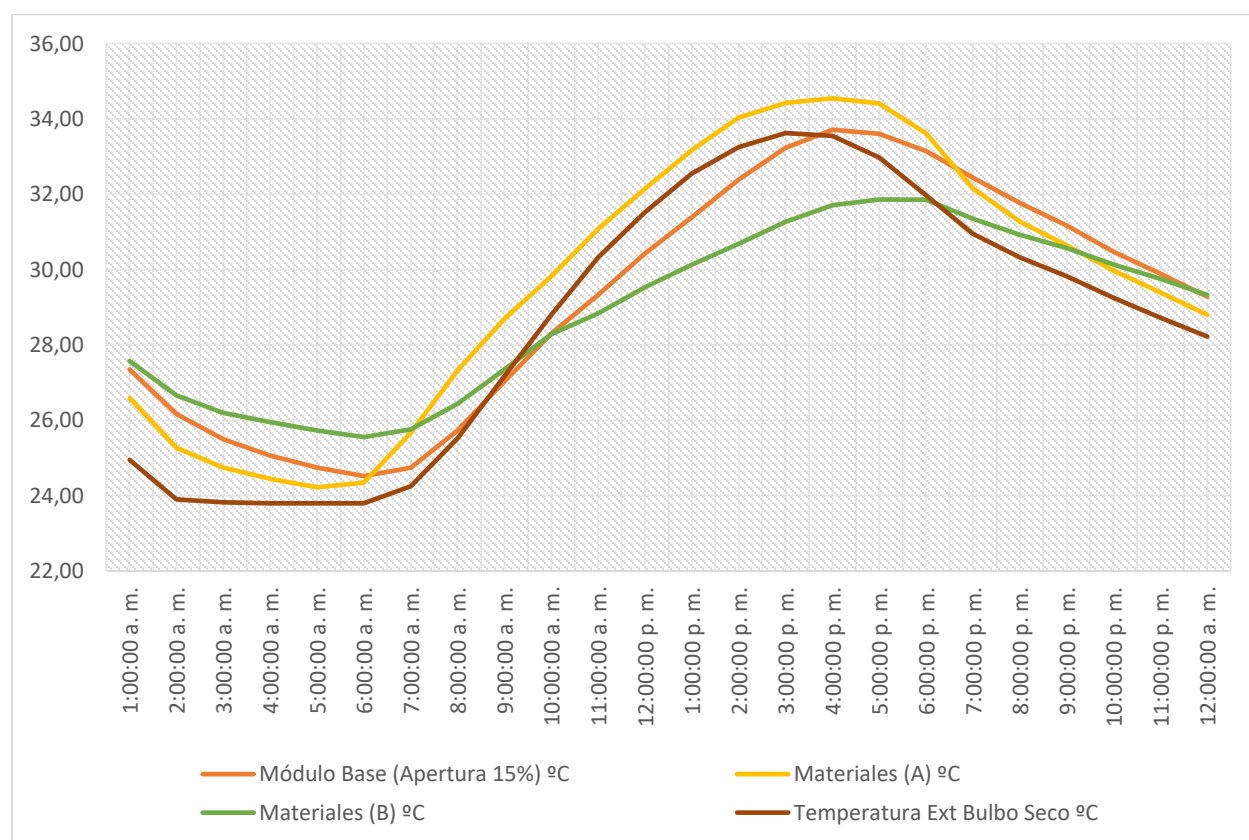


Figura 37. Materialidad, Módulo (A) y Módulo (B). Elaboración propia, datos obtenidos en DesignBuilder 7. 2021.

CC BY-NC-ND.

Posterior a la identificación de estos 2 tipos de materiales, y buscando reducir la temperatura operativa interna del módulo, según los datos obtenidos en DesignBuilder 7, se refleja que la mejor agrupación de materiales es la B conformada por: Cubierta: capa exterior de

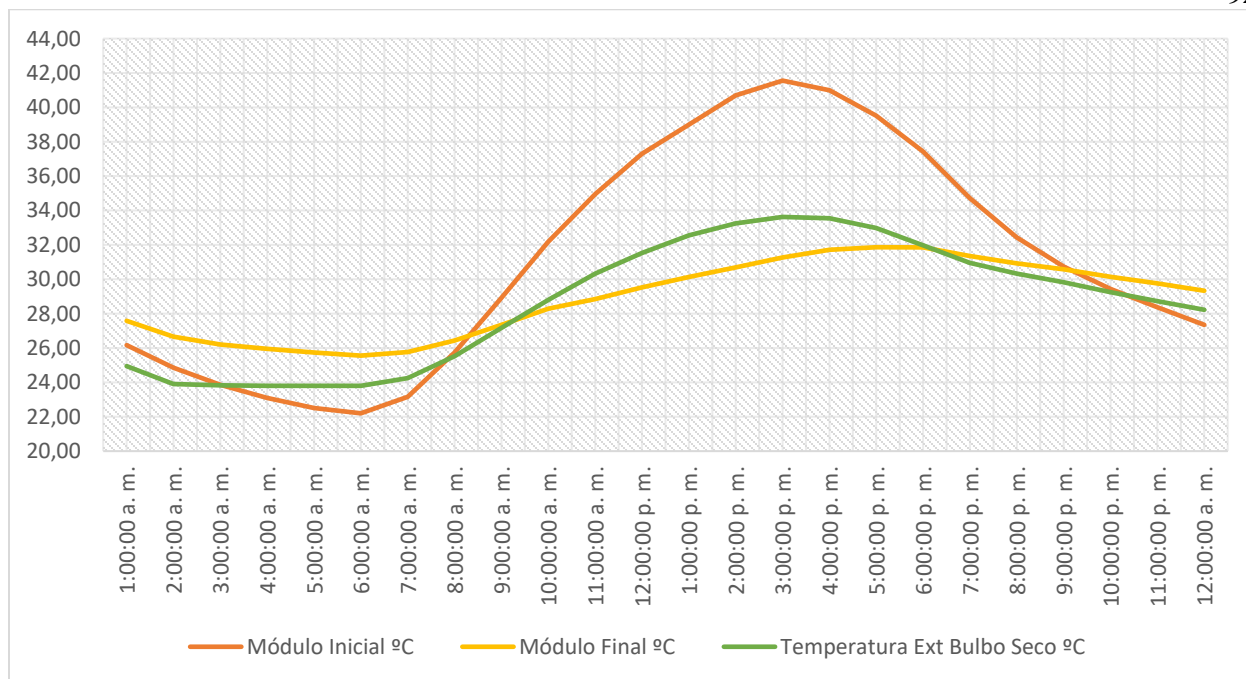
revestimiento vegetal; Muros: capa 1 madera aglomerada de 2 centímetros, capa 2 cámara de aire de 8 centímetros y capa 3 de madera aglomerada 2 centímetros; Placa de piso: madera aglomerada con cámara interna de aire; con esto, se consigue una temperatura máxima operativa de 31,83 °C vs una temperatura máxima operativa obtenida con el módulo A, de 34,55 °C. Basándonos en los resultados obtenidos, se reduce 1,37 °C a la línea base (Módulo base Apertura 15%).



Gráfica 10. Materialidad, Módulo (A) y Módulo (B). Elaboración propia, datos obtenidos en DesignBuilder 7 y analizados en Excel. 2021. CC BY-NC-ND.

6.1.7 Conclusión del diseño

Según lo expuesto en la gráfica 11, se manifiesta que el módulo inicial pasó de tener una temperatura operativa máxima de 41,5 °C, a 31,83 °C, con todas las estrategias de diseño pasivo implementadas, generando así una reducción de 9,67 °C.



Gráfica 11. Materialidad, Módulo (A) y Módulo (B). Elaboración propia, datos obtenidos en DesignBuilder 7 y analizados en Excel. 2021. CC BY-NC-ND.



Figura 38. Módulo de Emergencia Albergue Temporal, Toma 1. Elaboración propia, datos obtenidos en Archicad



Figura 39. Módulo de Emergencia Albergue Temporal, Toma 2. Elaboración propia, datos obtenidos en Archicad

23 Lumion 10. 2021. CC BY-NC-ND.



Figura 40. Módulo de Emergencia Albergue Temporal, Toma 3. Elaboración propia, datos obtenidos en Archicad

23 Lumion 10. 2021. CC BY-NC-ND.

6.2 Velocidad del aire exterior (CFD)

En la figura 41, se muestra el CFD exterior del módulo, a una altura de 20cm del suelo, el viento ingresa de forma directa por la planta libre desde el occidente, encontrando una presión constante de 2,15Pa, con velocidad promedio del viento de 2,51m/s. Al momento de ingresar, se observa un aumento de presión a 3,00Pa y una velocidad promedio del viento de 2,87 m/s, además se percibe que el viento, al salir, reduce su presión a 0,44Pa, al igual que su velocidad promedio a 1,79m/s; Lo que indica que se mantiene una velocidad constante de 1,79 m/s en el interior de la planta libre, dando lugar a la estrategia de ventilación por refrigeración que se da a través de la circulación de aire, generando pérdida calórica a la placa elevada del módulo .

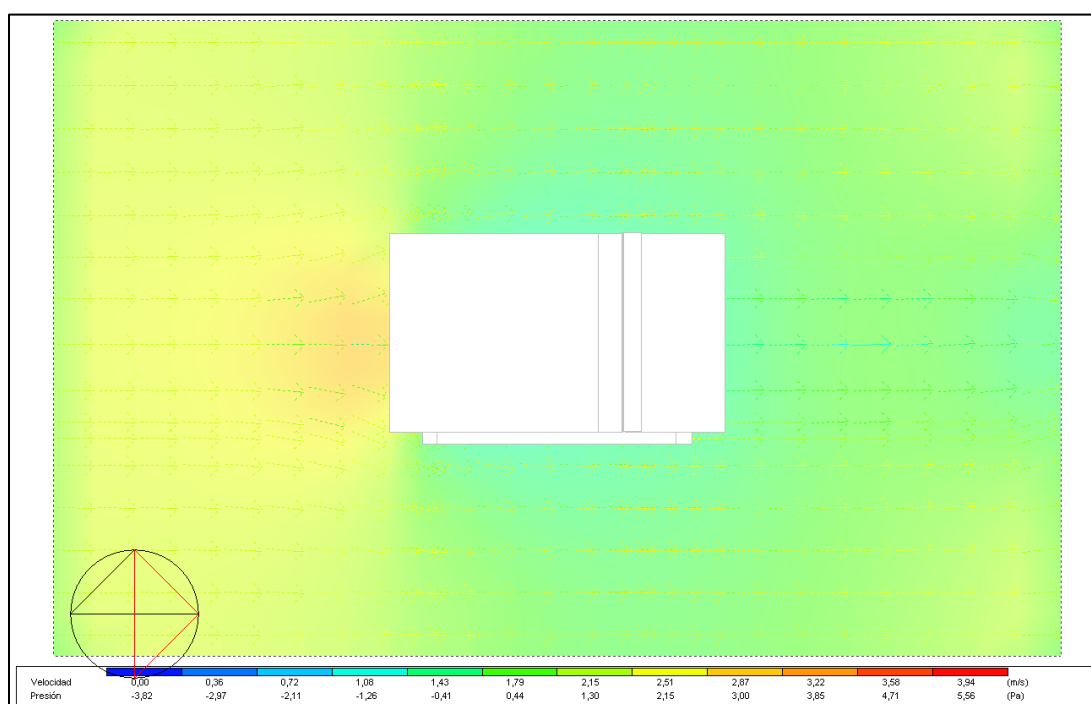


Figura 41. CFD Vista en Planta - Exterior vs Planta Libre del Módulo. Elaboración propia, datos obtenidos en DesignBuilder 7. 2021. CC BY-NC-ND.

Se observa que en la figura 42, el CFD exterior a una altura de 80 cm, y en la figura 43 el CFD en vista de alzado, el viento ingresa al módulo con una presión promedio de 3,85Pa, a una

velocidad de 3,22m/s, el ingreso de la ventilación a esta velocidad, da cabida a la estrategia conocida como efecto chimenea, donde por medio de un cambio de presiones, ingresa viento frío por la parte inferior de la fachada occidental, y sale caliente por la parte superior de la fachada oriental, a través de la intercepción generada por las dos cubiertas inclinadas, a una velocidad promedio del viento de 1,08m/s.

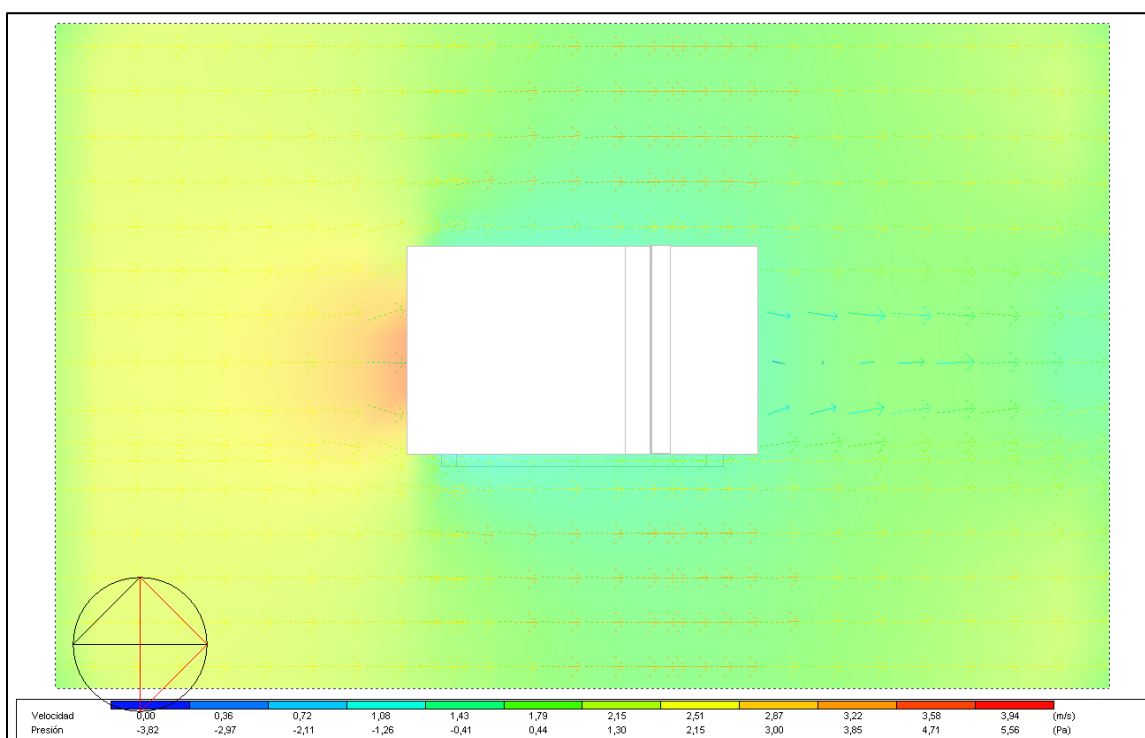


Figura 42. CFD Vista en Planta - Exterior vs Módulo. Elaboración propia, datos obtenidos en DesignBuilder 7.

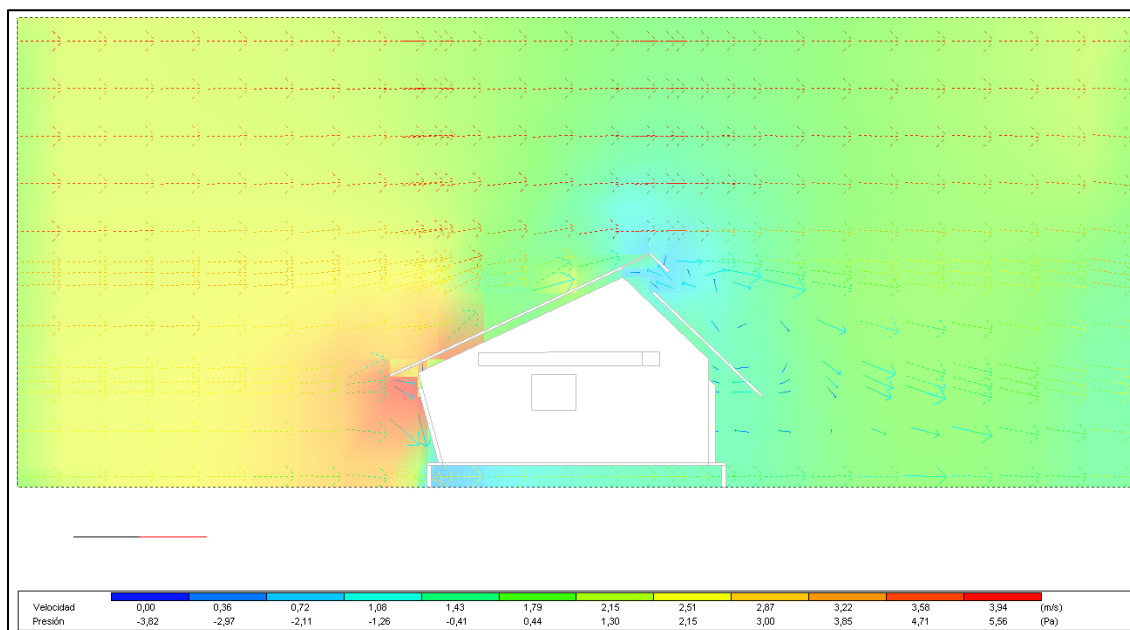


Figura 43. CFD Vista en Alzado Frontal - Exterior vs Planta Libre y Modulo. Elaboración propia, datos obtenidos en DesignBuilder 7. 2021. CC BY-NC-ND.

6.3 Análisis del módulo propuesto

Para realizar los respectivos estudios del módulo de albergue de emergencia temporal propuesto, se utilizan dos parámetros que definen el criterio de la simulación, y una vez identificados, se analizan por medio del software DesignBuilder.

6.3.1 Parámetros de Zonificación Energética

En este parámetro se encuentran: área del módulo, zonificación, ocupación, horario de ocupación, iluminación, y las estrategias de ventilación natural. El módulo contempla un área de 21 m², dividido en: zona de dormitorios y zona de estar, no se encuentran separados por ningún muro, por lo tanto, en las simulaciones se toma como un único espacio (Ver figura 45), con una ocupación máxima de 6 personas (3,5 m² por persona) y una densidad de ocupación de 0.28, el horario de ocupación se dividirá en 4 periodos ocupados al 100% del tiempo al día (Ver figura 44).



Figura 44. Zonificación Módulo. Elaboración propia, datos obtenidos en DesignBuilder 7. 2021. CC BY-NC-ND.

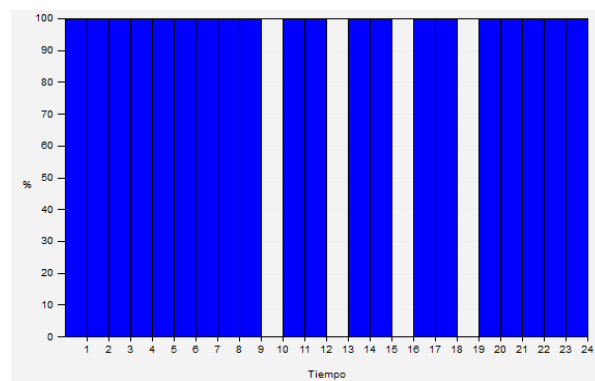


Figura 45. Horario y frecuencia de ocupación. Elaboración propia, datos obtenidos en DesignBuilder 7. 2021. CC BY-NC-ND.

El módulo se encuentra elevado sobre una planta libre, la cual cumple como única función, ventilar la placa de contrapiso del módulo un 100% de las horas diarias, por medio de la estrategia de ventilación conocida como refrigeración. Al interior del módulo se genera un efecto chimenea, en el cual, desde la fachada occidental ingresa el aire por una abertura inferior y sale por la fachada oriental a través de una abertura superior (Ver figura 46).

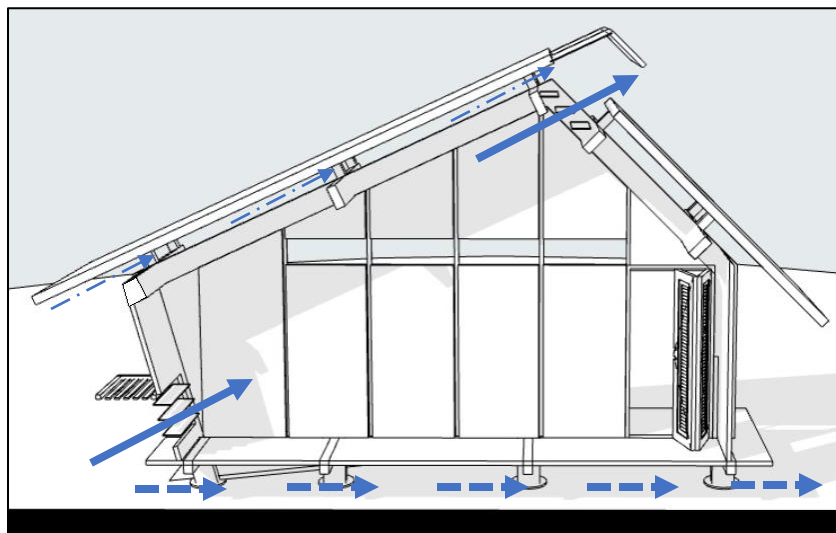


Figura 46. Ventilación Natural. Elaboración propia, datos obtenidos en Archicad 23. 2021. CC BY-NC-ND.

Finalmente, la iluminación natural ingresa por medio de dos ventanas laterales con un 50% de apertura, en vidrio sencillo de 3mm color claro, ubicadas cada una en la parte superior de la fachada norte y sur, ubicadas allí por seguridad, privacidad y confort (Ver figura 47).

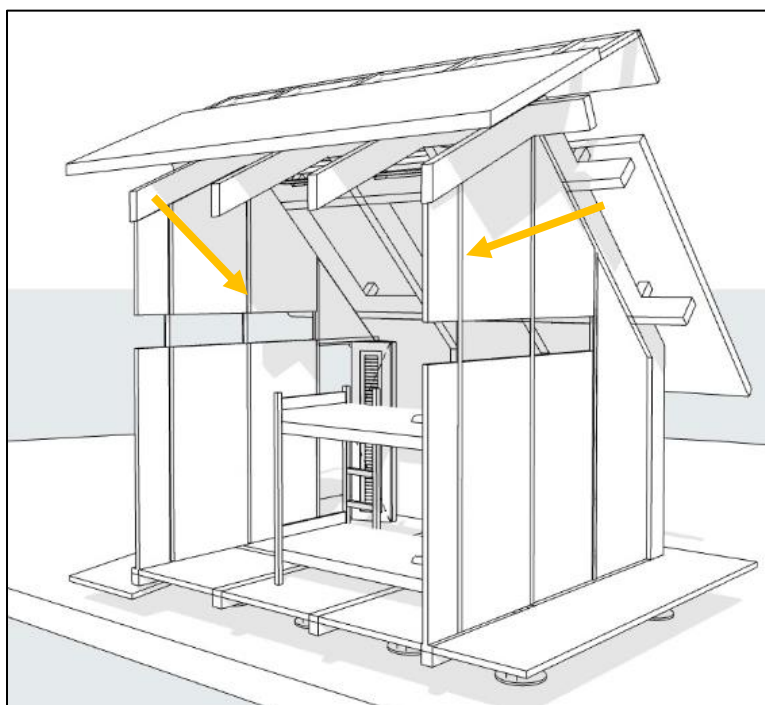


Figura 47. Iluminación Natural. Elaboración propia, datos obtenidos en Archicad 23. 2021. CC BY-NC-ND.

6.3.2 Parámetros de análisis

El análisis del confort higrotérmico del módulo, se determina por medio de las siguientes variables: Ashrae 55 de 2017, comportamiento en el día más cálido 18 de junio, y comportamiento promedio mensual. Para Magangué se contempla que el cumplimiento del rango de confort de la temperatura operativa debe estar entre 23.3 °C a 31.5 °C, adicionalmente, Ashrae 55 de 2017 indica que el porcentaje de horas de ocupación permitido fuera del rango de confort no debe ser mayor al 10%.

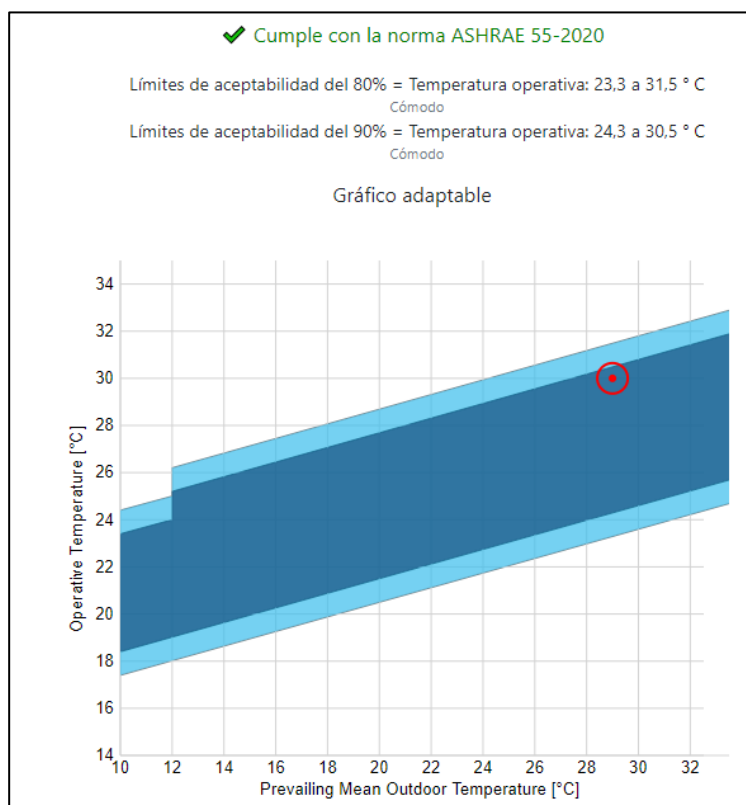


Figura 48. Rango de Confort Higrotérmico, método adaptativo para Magangué. Herramienta de confort térmico CBE. 2021. CC BY-NC-ND.

La iluminación natural se determina por medio de la NC-ISO 8995/CIE S 008: 2003, en la que se establece que los lux permitidos en áreas de descanso generales de las edificaciones son: 100 lux mínimos, 150 lux óptimos y 200 lux máximos, lo anterior basado en el

comportamiento de un día con cielo nublado, y un día con cielo claro.

6.4 Análisis y resultados

Con los principios de simulación establecidos anteriormente, se inicia el análisis del módulo propuesto.

6.4.1 Confort higrotérmico (Ashrae 55, 2017)

Simulaciones día más cálido

Se realizan las simulaciones del día más cálido por medio del software DesignBuilder (Ver figura 49), donde se identifica que la temperatura operativa promedio del día es de 29,32 °C, y se observa (Ver Tabla 3) que de las 20 horas en las que el módulo está ocupado, solamente 2 horas (4:00 pm y 5:00 pm) se encuentran fuera del rango de confort, con una temperatura operativa promedio de 31,5 °C, con lo anterior, según el Ashrae 55, 2017 el módulo cumple con el 90% del rango de confort higrotérmico.

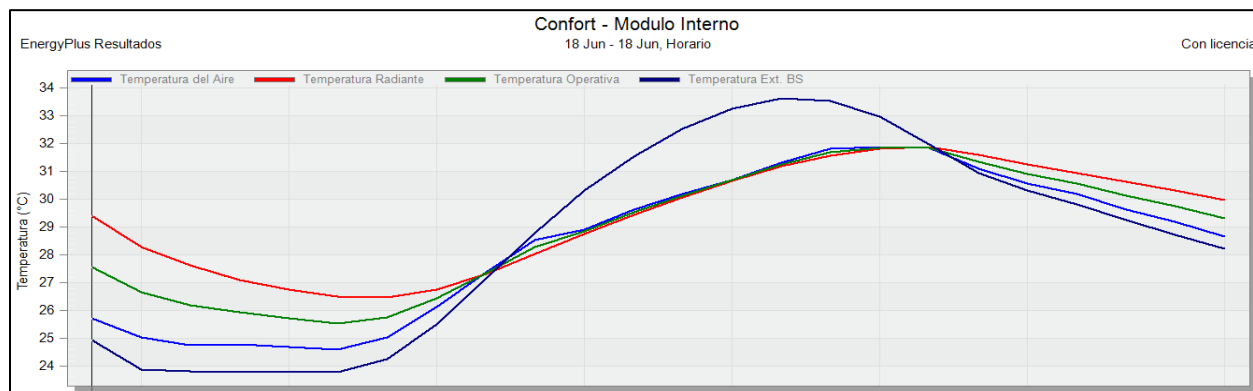


Figura 49. Confort – Módulo Interno. Elaboración propia, datos obtenidos en DesignBuilder 7. 2021. CC BY-NC-ND.

Hora	Humedad Relativa	Temperatura del Aire	Temperatura Radiante	Temperatura Operativa	Temperatura Ext. BS
	%	°C	°C	°C	°C
1:00 a. m.	85,88349	25,73293	29,41918	27,57605	24,95
2:00 a. m.	84,34557	25,04075	28,27985	26,6603	23,9
3:00 a. m.	85,42437	24,76668	27,63156	26,19912	23,825
4:00 a. m.	85,47173	24,79253	27,11213	25,95233	23,8
5:00 a. m.	87,60896	24,69669	26,77035	25,73352	23,8
6:00 a. m.	87,34522	24,60309	26,50909	25,55609	23,8
7:00 a. m.	87,27084	25,05416	26,4671	25,76063	24,25
8:00 a. m.	86,14768	26,11632	26,76317	26,43974	25,525
9:00 a. m.	81,60451	27,3929	27,30774	27,35032	27,175
10:00 a. m.	77,19898	28,53173	28,0442	28,28796	28,8
11:00 a. m.	77,29054	28,92846	28,7559	28,84218	30,325
12:00 p. m.	75,22174	29,62811	29,43219	29,53015	31,525
1:00 p. m.	73,14843	30,18144	30,08422	30,13283	32,55
2:00 p. m.	70,74574	30,70012	30,67032	30,68522	33,25
3:00 p. m.	68,28999	31,33645	31,19708	31,26677	33,625
4:00 p. m.	67,03733	31,83219	31,58591	31,70905	33,55
5:00 p. m.	67,91573	31,89839	31,82467	31,86152	32,975
6:00 p. m.	71,39637	31,84059	31,87144	31,85601	31,975
7:00 p. m.	75,66436	31,09452	31,60746	31,35099	30,95
8:00 p. m.	79,4332	30,58375	31,26386	30,92381	30,325
9:00 p. m.	80,41151	30,20069	30,94643	30,57356	29,825
10:00 p. m.	81,07114	29,63098	30,63963	30,1353	29,25
11:00 p. m.	85,00194	29,19619	30,32059	29,75839	28,725
Promedio 18 de junio	88,25011	28,66836	29,98899	29,32867	28,225



Sin ocupación



Fuera de confort

Tabla 3. Confort – Módulo Interno. Elaboración propia, datos obtenidos en DesignBuilder 7. 2021. CC BY-NC-

ND.

CFD Internos

En las figuras 50 y 51 se determina que la temperatura del aire que circula en el interior del módulo, no supera los 18.88 °C, lo que se traduce en una constante renovación de aire, que permite

evidenciar que la ventilación natural es un sistema eficiente en el módulo.

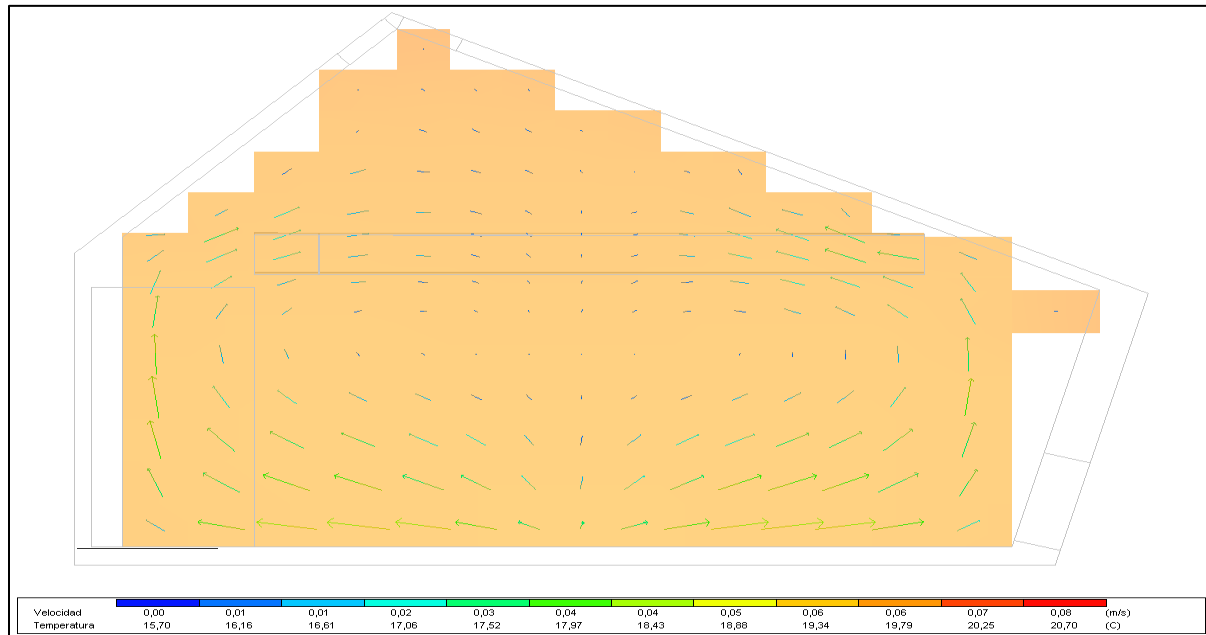


Figura 50. CFD Vista en Alzado Posterior - Interno. Elaboración propia, datos obtenidos en DesignBuilder 7. 2021.

CC BY-NC-ND.

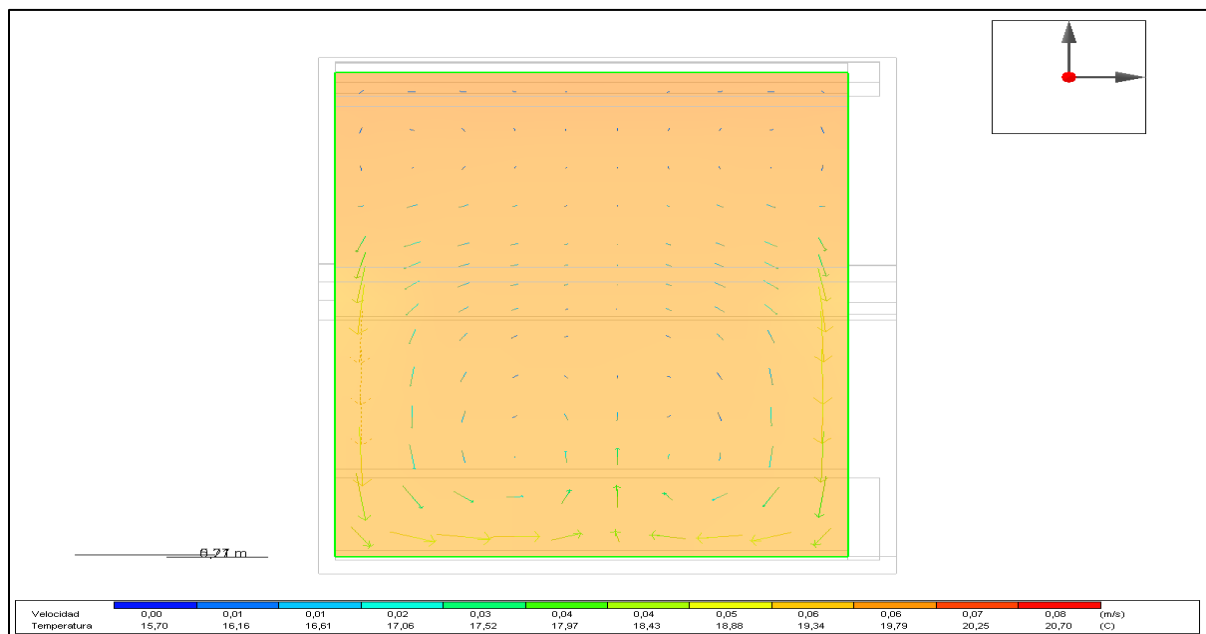


Figura 51. CFD Vista en Alzado Derecho – Interno, día. Elaboración propia, datos obtenidos en DesignBuilder 7.

2021. CC BY-NC-ND.

Simulaciones Mensuales

Se ejecutan las simulaciones mensuales por medio del software DesignBuilder (Ver figura 52), donde se establece que la temperatura operativa promedio del año es de 28,32 °C, y se contempla (Ver Tabla 4) que en los 12 meses del año, la temperatura promedio operativa cumple con los rangos de confort higrotérmico del Ashrae 55, 2017.

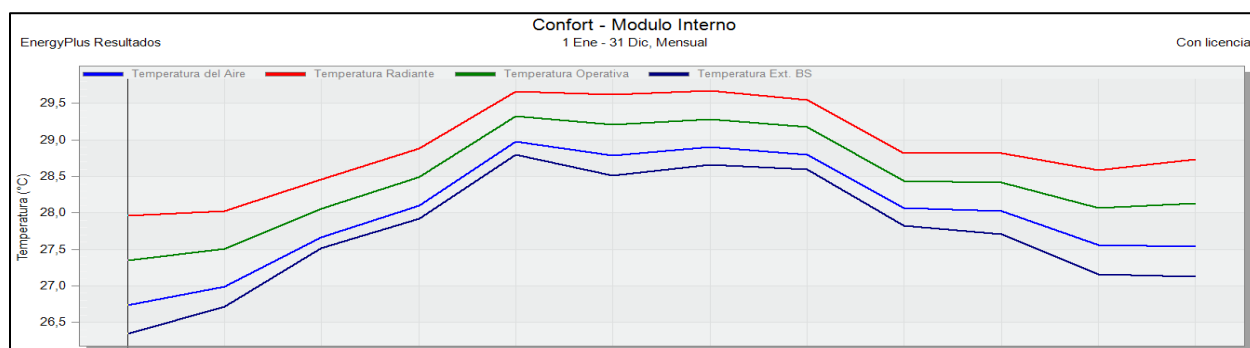


Figura 52. Confort – Módulo Interno. Elaboración propia, datos obtenidos en DesignBuilder 7. 2021. CC BY-NC-ND.

Fecha/Hora	Humedad Relativa	Temperatura del Aire	Temperatura Radiante	Temperatura Operativa	Temperatura Ext. BS
	%	°C	°C	°C	°C
Enero	80,21967	26,75476	27,99429	27,37453	26,34634
Febrero	77,97671	26,98427	27,98044	27,48235	26,70967
Marzo	77,5369	27,53892	28,26441	27,90166	27,52271
Abril	80,0428	27,95573	28,66976	28,31274	27,92083
Mayo	80,3483	28,78586	29,37203	29,07895	28,79234
Junio	81,42133	28,59694	29,32074	28,95884	28,50632
Julio	79,97204	28,69574	29,36634	29,03104	28,66015
Agosto	81,66454	28,60679	29,25087	28,92883	28,59758
Septiembre	84,83421	27,88138	28,57559	28,22849	27,82622
Octubre	84,07725	27,90905	28,63583	28,27244	27,70396
Noviembre	84,68849	27,55807	28,56318	28,06062	27,15309
Diciembre	80,77705	27,54869	28,74699	28,14784	27,1254

Tabla 4. Confort – Módulo Interno, mensual. Elaboración propia, datos obtenidos en DesignBuilder 7. 2021. CC BY-NC-ND.

Simulaciones del comportamiento higrotérmico según la tipología del módulo en su implantación en un albergue temporal

Se propone que los módulos se acoplen en grupos de 8, conformados por dos hileras con distanciamiento de 2 metros laterales y 4 metros frontales entre sí (Ver imagen 53). Al adaptar los módulos para conformar un albergue temporal, se evidencia que posiblemente el comportamiento higrotérmico de los módulos medianeros, sea mayor al del módulo sin contexto o agrupación.

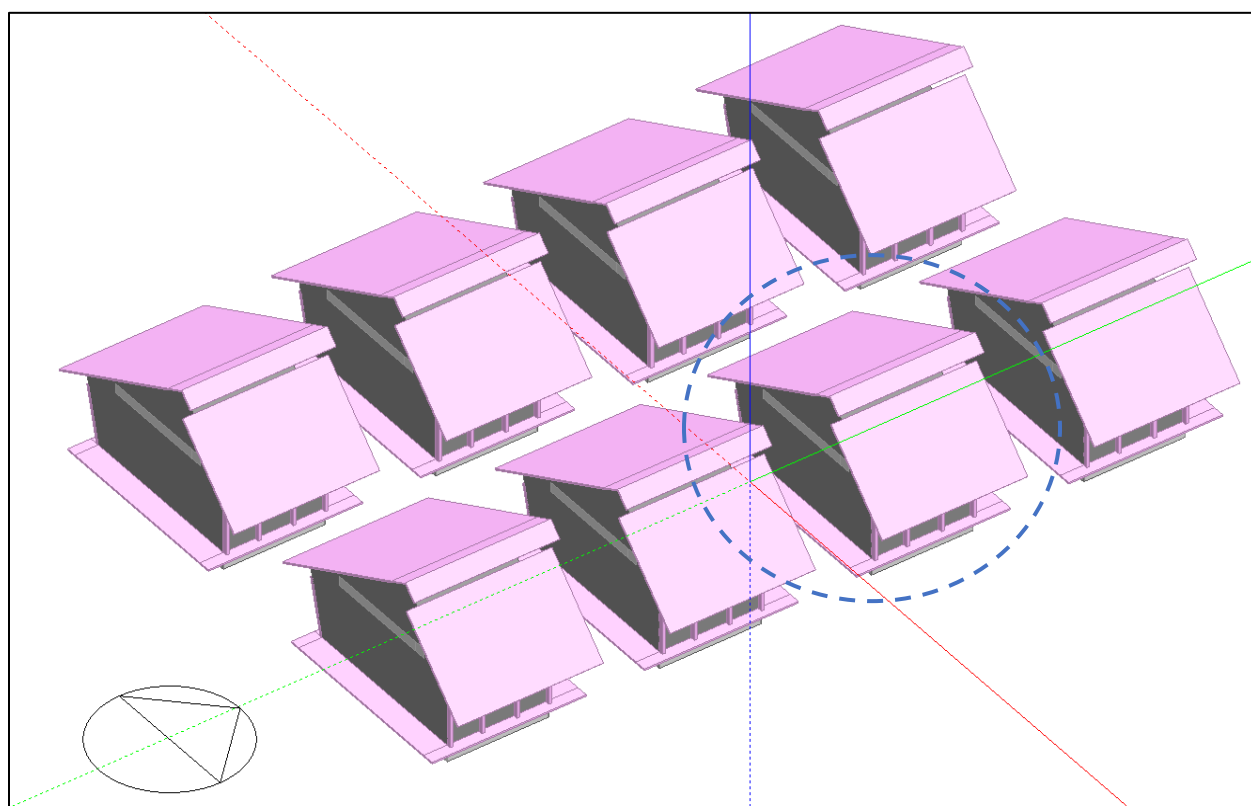
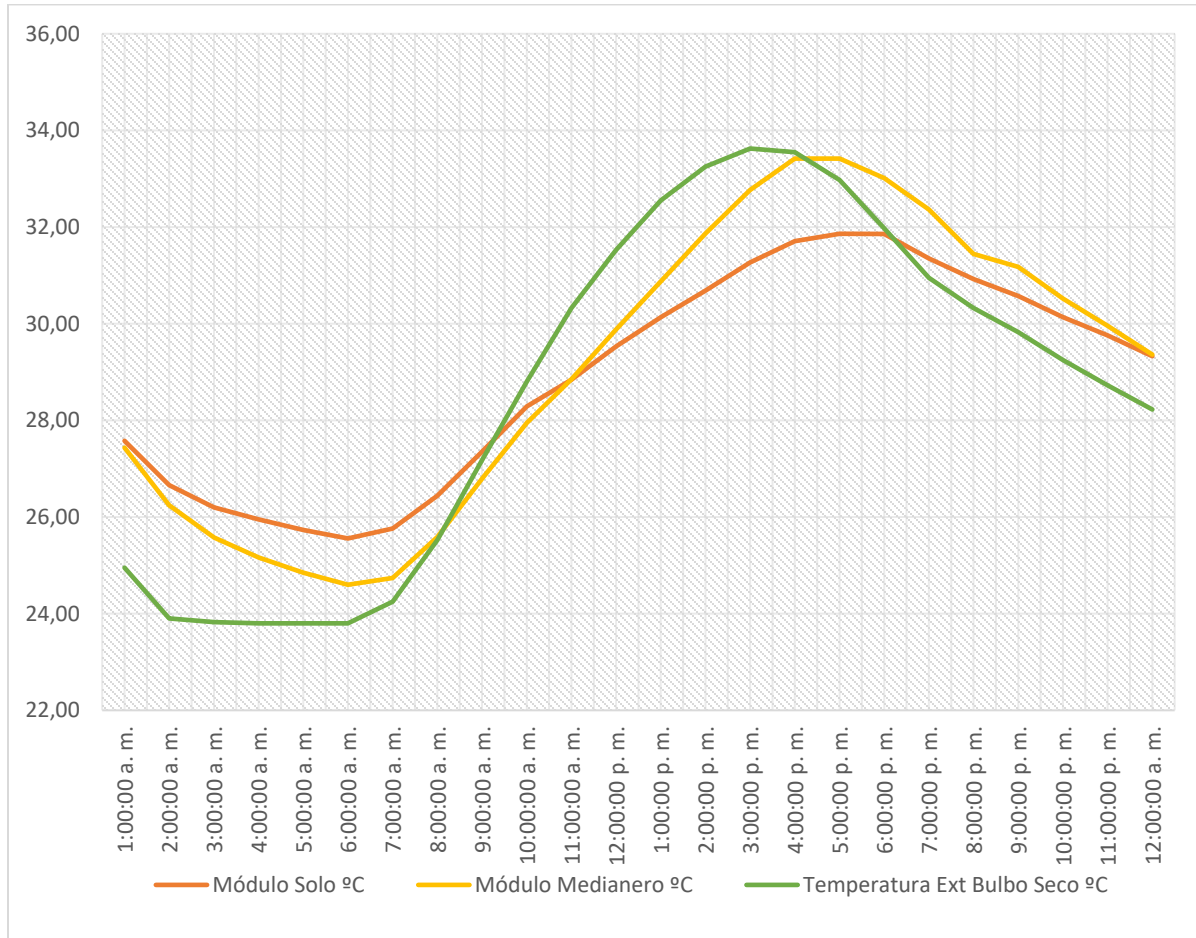


Figura 53. Tipologías del módulo en el albergue. Elaboración propia, datos obtenidos en DesignBuilder 7. 2021. CC

BY-NC-ND.

Con lo mencionado anteriormente, se realiza la simulación en el día más cálido y se evidencia en la gráfica 12, que la temperatura operativa del módulo medianero se incrementa 1,55 °C en la hora más crítica (4:00pm) del confort higrotérmico del módulo, alcanzado una temperatura operativa de 33,55 °C vs 32 °C del módulo sin contexto. Hecho que corrobora la inquietud

planteada, en la que el módulo ubicado entre los otros dos, generaría el mayor discomfort higrotérmico, convirtiéndose así en el caso de estudio más crítico alcanzado.



Gráfica 12. Comparativa Módulo Solo vs Módulo Medianero. Elaboración propia, datos obtenidos en DesignBuilder 7 y analizados en Excel. 2021. CC BY-NC-ND.

Se verifica el cumplimiento del Ashrae 55, 2017, y se analiza que en el módulo medianero hay un incremento en el discomfort, durante 3 a 4 horas, según los rangos del Ashrae 55 (Ver tabla 5), sin embargo, 2 de esas horas, se encuentran en jornadas sin ocupación, lo cual significa que se garantiza el 90% de horas en confort higrotérmico, logrando así el cumplimiento de esta variable. Teniendo en cuenta esta información, se plantea que el horario crítico en la temperatura operativa del módulo es de 3:00pm a 6:00pm.

Hora	Módulo Solo	Módulo Medianero	Temperatura Ext Bulbo Seco
	T-Operativa °C	T-Operativa °C	T-Operativa °C
1:00 a. m.	27,57605	27,43355	24,95000
2:00 a. m.	26,66030	26,24376	23,90000
3:00 a. m.	26,19912	25,57697	23,82500
4:00 a. m.	25,95233	25,16320	23,80000
5:00 a. m.	25,73352	24,84731	23,80000
6:00 a. m.	25,55609	24,59858	23,80000
7:00 a. m.	25,76063	24,73753	24,25000
8:00 a. m.	26,43974	25,58616	25,52500
9:00 a. m.	27,35032	26,79177	27,17500
10:00 a. m.	28,28796	27,94710	28,80000
11:00 a. m.	28,84218	28,85092	30,32500
12:00 p. m.	29,53015	29,88030	31,52500
1:00 p. m.	30,13283	30,87584	32,55000
2:00 p. m.	30,68522	31,46912	33,25000
3:00 p. m.	31,26677	32,76767	33,62500
4:00 p. m.	31,70905	33,41791	33,55000
5:00 p. m.	31,86152	33,4168	32,97500
6:00 p. m.	31,85601	32,48182	31,97500
7:00 p. m.	31,35099	31,47521	30,95000
8:00 p. m.	30,92381	31,24453	30,32500
9:00 p. m.	30,57356	31,17553	29,82500
10:00 p. m.	30,13530	30,52041	29,25000
11:00 p. m.	29,75839	29,95692	28,72500
Promedio 18 de junio	29,32867	29,36169	28,22500



Sin ocupación



Fuera de confort

Tabla 5. Confort – Comparativa Módulo Solo vs Módulo Medianero. Elaboración propia, datos obtenidos en

DesignBuilder 7. 2021. CC BY-NC-ND.

6.4.2 Iluminación natural (NC-ISO 8995/CIE S 008: 2003)

Día Claro a las 9:00 am

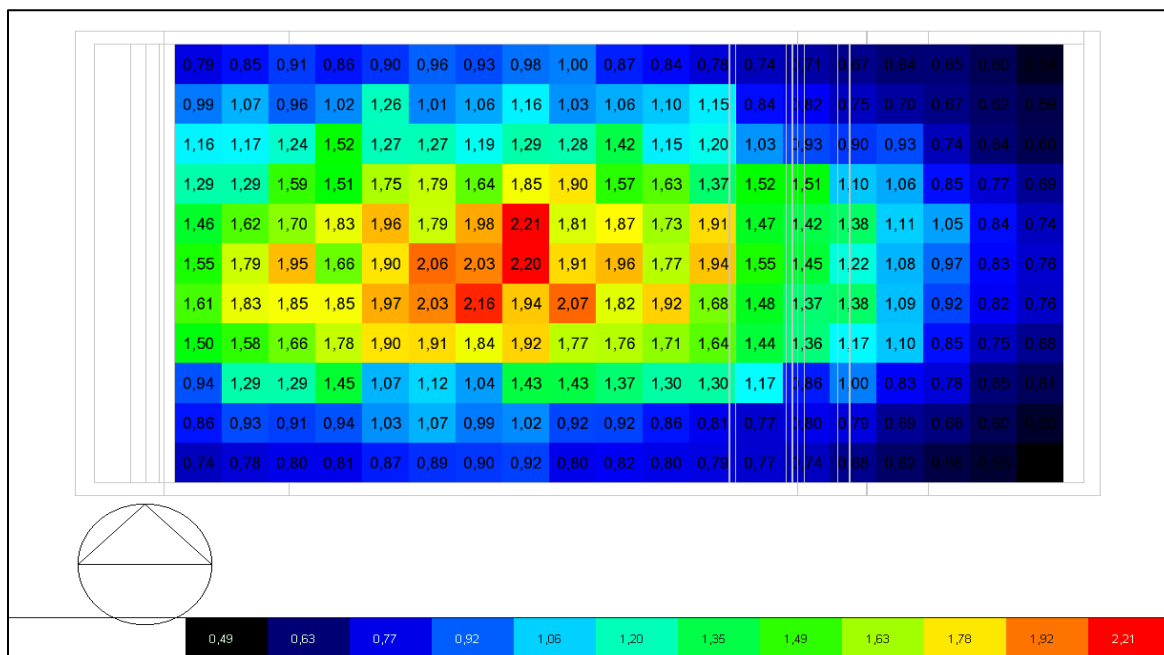


Figura 54. Iluminación natural día claro. Elaboración propia, datos obtenidos en DesignBuilder 7. 2021. CC BY-NC-ND.

Bloque	Zona	Área de Suelo (m ²)	FLD Prom. (%)	CU (Min/Prom)
Modulo Interno	Dormitorios	21	1,203	0,404

Tabla 6. FLD Promedio día más claro. Elaboración propia, datos obtenidos en DesignBuilder 7. 2021. CC BY-NC-ND.

En la figura 54, se observa que en el día más claro del año, se perciben niveles promedios de 100 lux a 200 lux, se garantiza la mayor iluminación natural en la zona donde se encuentran localizadas las camas, favoreciendo de esta manera al confort visual, y en contraste con la NC-ISO 8995/CIE S 008: 2003, se contempla un cumplimiento en el 80% del interior del módulo, y un promedio de 1,203 FLD, que significa 121 lux promedio dentro del espacio, desempeñando así lo requerido en factores de iluminación.

Día Nublado a las 9:00 am

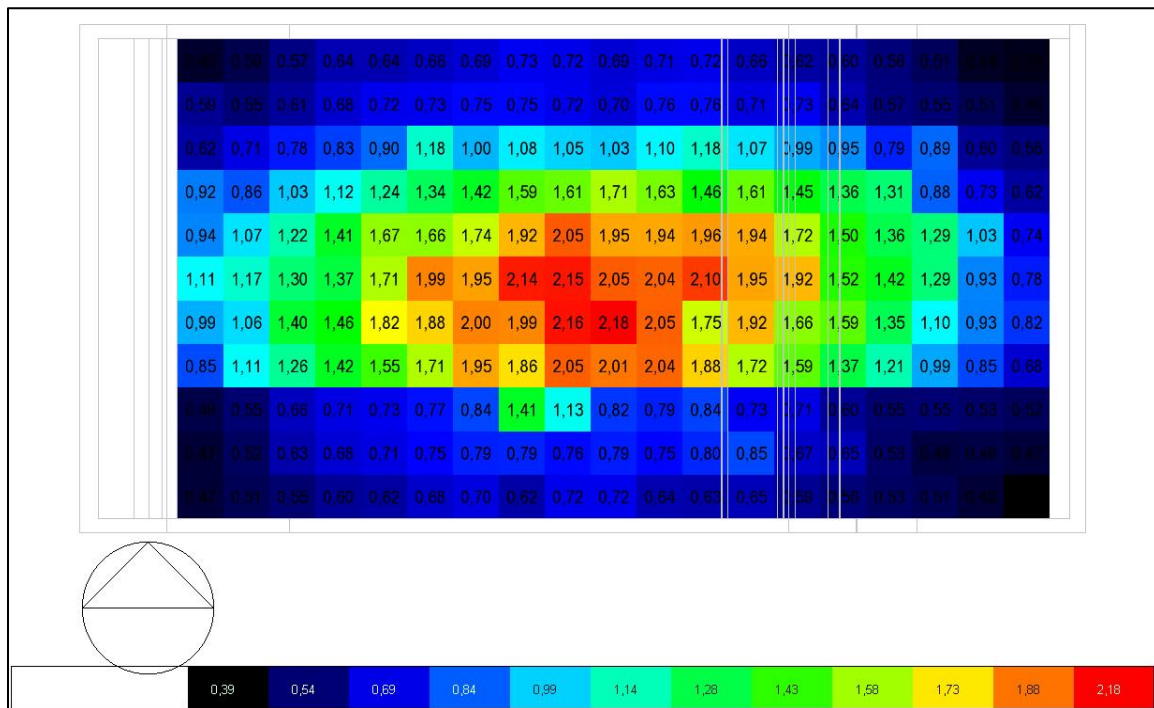


Figura 55. Iluminación natural día nublado. Elaboración propia, datos obtenidos en DesignBuilder 7. 2021. CC BY-NC-ND.

Bloque	Zona	Área de Suelo (m ²)	FLD Prom. (%)	CU (Min/Prom)
Modulo Interno	Dormitorios	21	1,058	0,368

Tabla 7. FLD Promedio día nublado. Elaboración propia, datos obtenidos en DesignBuilder 7. 2021. CC BY-NC-ND.

En el día más nublado del año, los niveles promedios son de 100 lux a 200 lux, según la figura 55, se avala la mayor iluminación natural en la zona donde se encuentran localizadas las camas, lo anterior favorece al confort visual y en contraste con la NC-ISO 8995/CIE S 008: 2003, se logra un cumplimiento en el 70% del interior del módulo, y un promedio de 1,058 FLD, que significa 100 lux promedios en el interior del espacio, cumpliendo así con lo requerido en factores de iluminación.

7. Conclusiones

Los refugios temporales se han estudiado y se han desarrollado a lo largo del tiempo, por causa de las diferentes calamidades socio-naturales que han ocurrido a lo largo de la historia de la humanidad, generando la necesidad de suplir inmediatamente el déficit de vivienda, garantizando así el cumplimiento de los derechos mínimos de las personas.

Es de destacar el trabajo desarrollado por Shigeru Ban y Nader Khalili, quienes han generado un aporte adecuado al estado del arte en los refugios de emergencia a nivel mundial, partiendo de promover materiales de construcción, autóctonos de la región y fáciles de trasportar, para la construcción de los refugios. Adicionalmente sus propuestas facilitan la construcción, permitiendo que los mismos damnificados puedan participar de ella, lo cual favorece al tiempo de respuesta ante una eventual catástrofe socio-natural. Además, generan en sus propuestas, estrategias de diseño pasivo, que favorecen al ahorro de recursos y permiten mantener un confort adecuado a sus ocupantes.

Adicionalmente se evidencia que a nivel mundial existen diferentes entidades que han centrado su interés en este tema, como lo son: El Grupo Esfera, La Cruz Roja, La Media Luna Roja, El ACNUR, entre otras, su participación ha significado una estandarización más detallada de manuales de respuesta ante eventuales catástrofes socio-naturales y estos han permitido la implementación de diferentes refugios temporales, los cuales se han estandarizado y distribuido a nivel mundial, estos módulos se encargan de suplir la necesidad básica de vivienda, dejando a un lado el aspecto social y del diseño sostenible.

Para finalizar en el panorama nacional es evidente que Colombia no se ha quedado atrás con esta investigación, Fernando Gordillo es un fuerte exponente de los lineamientos ante la

respuesta a desastres socio-naturales, generando una investigación exhaustiva y dirigiéndola al panorama colombiano, logrando plasmar y clasificar los diferentes riesgos socio-naturales a los cuales el territorio nacional se puede enfrentar, adicionalmente su intención de generar conciencia ante la necesidad de fortalecer el valor social y no permitir que prime únicamente la respuesta habitacional, generando una sinergia con la creación de un hábitat equilibrado, aportando ante la sostenibilidad desde el aspecto sociocultural.

Adicionalmente Colombia cuenta con entidades que se centran en la atención de estos desastres, por medio de manuales donde estandarizan las respuestas a estas eventualidades, no obstante, es evidente que en algunas circunstancias estas respuestas se quedan cortas y se recurre a improvisar en albergues no convencionales, descuidando así, el confort de los afectados.

En respuesta al objetivo principal de este trabajo de grado, se concluye, que los tres criterios de la sostenibilidad (Habitabilidad, Eficiencia y Equidad) son versátiles y se pueden implementar en cualquier tipo de clima, adicionalmente, estos permiten construir un entorno con condiciones confortables, sanas y dignas, expuesto a continuación:

Habitabilidad: El diseño pasivo, permite proponer un módulo de refugio temporal planteado en la hipótesis de este trabajo de grado, dirigido como caso de estudio a la población en situación de vulnerabilidad por desastres naturales de Magangué. Se genera una respuesta adecuada al diseño del módulo en clima cálido húmedo colombiano, la cual garantiza un confort higrotérmico acertado, cumpliendo así, con el Ashrae 55 de 2017, donde se plantea un rango de confort entre 23.3 °C a 31.5 °C en el interior del módulo en al menos el 90% de las horas ocupadas.

Las áreas mínimas estandarizadas para el diseño de los módulos de emergencia, permiten crear espacios para albergar máximo 6 personas, no obstante, es un área que garantiza un espacio mínimo, que básicamente se conforma de dormitorios y un comedor.

Por otra parte, se puede concluir que el método de diseño pasivo permite alcanzar o estar en rangos cercanos al confort higrotérmico deseado.

Eficiencia: La propuesta presenta una materialidad autóctona de la región, la cual favorece a la reducción energética al momento de su fabricación, buscando así desligar el modelo en una gran parte de los materiales convencionales utilizados en Colombia para respuesta a estas eventualidades. Se presenta una propuesta que permite ser auto-construible, pese a que no se profundizó en este tema en el trabajo de grado, el diseño del módulo busca facilitar la construcción y transporte de los elementos necesarios para la creación e implantación de los módulos, conformando así el refugio temporal propuesto.

Equidad: Se vela por la creación de comunidad, de trabajo en equipo y autoconstrucción de los módulos por las personas damnificadas; adicionalmente se busca que las personas puedan vivir en un entorno digno, generando espacios comunes, amplios, por medio de los recorridos que favorezcan a las relaciones sociales, que aporten a un sentimiento de seguridad en los damnificados. Resultados que fueron percibidos al momento de diseñar el módulo de emergencia propuesto en esta investigación, que se tuvieron en cuenta de los referentes analizados en el estado del arte de esta investigación.

Por otra parte, se da respuesta al primer objetivo específico, proponiendo una metodología de diseño, que busca ser replicable en el entorno colombiano, principalmente para el desarrollo de módulos de emergencia, incentivando a una investigación y documentación del sitio al que sería dirigido el proyecto, para posteriormente, por medio de diferentes softwares generando un muestreo de prueba y error, que permitan alcanzar los resultados más cercanos a los deseados. Este método, al plantearse y utilizarse en este proyecto, alcanzó los resultados deseados.

Para responder al segundo objetivo específico de esta investigación ubicamos que, en Colombia, a lo largo de la historia, y ante las diferentes situaciones de vulnerabilidad en la población, se han adaptado carpas o módulos en materiales que no permiten un confort interno, adecuado para los damnificados, adicionalmente se han evidenciado casos de hacinamiento, ante la respuesta inmediata a una eventualidad, como lo fue con los refugiados del Huracán Iota en el año 2020, Lo anterior indica que en algunos casos se presentan situaciones de hacinamiento en los refugios temporales, pese a existir diferentes propuestas por parte de la academia de módulos y albergues temporales que pueden evitar tal situación.

En respuesta al tercer objetivo específico, se identifican las mejores estrategias de diseño pasivo a utilizar para desarrollar la propuesta del módulo de emergencia, considerando las diferentes variables climáticas del municipio, se utilizan como herramientas las Tablas de Mahoney y el Diagrama psicométrico de Givoni.

Los resultados de estas dos herramientas se corroboran con los datos analizados por medio del software Weather Tool y se identifican 6 estrategias a utilizar:

- ✓ Diseño, dimensiones del módulo
- ✓ Diseño, morfología del módulo
- ✓ Estudio Solar con la mejor orientación del módulo
- ✓ Ventilación Natural del módulo
- ✓ Porcentaje de apertura (Iluminación y ventilación natural)
- ✓ Materialidad del módulo

Con lo anterior se afirma que la hipótesis, planteada al inicio de este trabajo, es acertada, ya que los criterios de habitabilidad, eficiencia y equidad de la sostenibilidad, permiten por medio

del método del diseño arquitectónico pasivo, definir un módulo de refugio temporal de desarrollo comunitario en clima cálido húmedo, apoyado por el planteamiento de una metodología replicable. Este método se conforma de los siguientes pasos:

- Diseño, Dimensiones del elemento
- Diseño, Morfología del elemento
- Diseño, Mejor orientación del elemento
- Diseño, Ventilación natural del elemento
- Diseño, Iluminación natural del elemento
- Diseño, Materialidad del elemento
- Análisis de resultados

Los cuales pueden ser abordados por otros investigadores para implementar en sus proyectos, robusteciendo así, este método y permitiendo demostrar su efectividad o falencias, para permitir que esta herramienta pueda crecer como un método de investigación y propuesta de proyecto.

Recomendaciones

1. El método de diseño pasivo permite alcanzar o estar en rangos cercanos al confort higrotérmico deseado. Es adecuado precisar que, para aprovechar el proceso de diseño pasivo, es necesario experimentar diferentes opciones, que permitan robustecer y definir estrategias más óptimas y así se perfilen las mejores para una adecuada adaptación al clima y uso. Existe un límite para robustecer el método pasivo, principalmente por motivos de presupuesto del proyecto y la identificación de su viabilidad.

2. Es importante profundizar más en la materialidad en el trabajo de grado, ya que, en este caso al abordarse este tema, se realizó de forma superficial por cuestiones de tiempo, sería

interesante robustecer este método de diseño con apartado centrado en la materialidad lo cual permitirá ser más acertado en los resultados finales y proponer una estrategia adecuada en dicha selección.

3. Por último, se evidenció que, el propósito central que se cumplió con esta investigación fue el de generar la propuesta de un método de diseño de un método de diseño para un módulo de emergencia temporal. Sin embargo, es pertinente profundizar en un sistema de ensamble detallado. Es así, que este apartado se puede abordar generando detalles constructivos, donde se recomiende un proceso de ensamble, por medio de un manual de construcción.

8. Referencias

1. CEPAL. (2013). Valoración de daños y pérdidas, Ola invernal en Colombia 2010-2011. Ed- CEPAL, BID. Disponible en la web: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37958/1/OlainvernalColombiaBIDCEPAL_es.pdf
2. UNGRD. (2012). Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia. Un aporte para la construcción de políticas públicas. Ed- Primera edición. Disponible en la web: <http://gestiondelriesgo.gov.co/sigpad/archivos/gestiondelriesgoweb.pdf>
3. elDato. (2020). Huracán Iota San Andrés y Providencia. Disponible en la web: <https://eldato.co/en-san-andres-y-providencia-invierten-1-550-millones-en-arreglos-navidenos-una-poblacion-que-aun-no-levanta-sus-casas/>
4. Maplecroft. (2011). Riesgo mundial a desastres naturales resultado del cambio climático. Disponible en la web: <https://www.maplecroft.com/risk-indices/climate-change-vulnerability-index/>
5. Departamento Nacional de Planeación. (2010). Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. Colombia: ABC: Adaptación y Bases Conceptuales. Disponible en la web: https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/Plan_nacional_de_adaptacion/1._Plan_Nacional_de_Adaptacion_al_Cambio_Climatico.pdf

6. DANE. (2011). Reporte final de áreas afectadas por inundaciones 2010 - 2011. Bogotá: DANE.

Disponible en la web:

https://www.dane.gov.co/files/noticias/Reunidos_presentacion_final_areas.pdf

7. UNGRD. (2012). Plan Departamental de Gestión del Riesgo Bolívar. (2007). Disponible en la web:

<https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/395/PMGR%20Bolivar%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

8. SIAC. (2019). Sistema de información ambiental de Colombia. Disponible en la web:

<http://www.siac.gov.co/inundaciones>

9. DNP. (2012). Plan integral de ordenamiento ambiental y desarrollo territorial de la región de La Mojana. Disponible en la web:

<http://www.planesmojana.com/documentos/estudios/27.plan%20integral%20de%20ordenamiento%20ambiental%20mojana.pdf>

10. UNGRD. (2008). Directora de prevención y atención de desastres atenta para reducir inundaciones en la Mojana. Disponible en la web:

http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/old_noticias/115.aspx

11. CEPAL. (2019). Número de desastres, personas muertas y personas directamente afectadas, por tipo de desastre. Disponible en la web: <https://cepalstat-prod.cepal.org/cepalstat/tabulador/ConsultaIntegrada.asp?idIndicador=1837&idioma=e>
12. Weather Spark. (s.f.). El clima promedio en Magangué. Disponible en la web: <https://es.weatherspark.com/y/23444/Clima-promedio-en-Magangu%C3%A9-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>
13. ACNUR. (2020). Refugio, ¿qué es, cómo se construye y qué tipos hay? Disponible en la web: <https://eacnur.org/es/actualidad/noticias/emergencias/refugio-que-es-como-se-construye-y-que-tipos-hay>
14. Minsalud. (2021). Albergues. Disponible en la web: <https://www.minsalud.gov.co/salud/PServicios/Paginas/albergues.aspx>
15. IFRC. (2021). ¿Qué es un desastre? Disponible en la web: <https://www.ifrc.org/es/introduccion/disaster-management/sobre-desastres/que-es-un-desastre/>
16. EL TIEMPO. (s.f.). Algunos desastres históricos en Colombia. Disponible en la web: <https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/huracan-iota-y-otros-desastres-naturales-en-la-historia-de-colombia-549713>
17. GFDRR. (2012). Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia. Disponible en la

web: <http://gestiondelriesgo.gov.co/sigpad/archivos/gestiondelriesgoweb.pdf>

18. SNGRD y UNGRD. (2013). Estandarización de Ayuda Humanitaria de Colombia. Disponible en la web:

http://www.gestiondelriesgo.gov.co/sigpad/archivos/Ayuda_Humanitaria_Colombia.pdf

19. UNGRD. (s.f.). Objetivos y Funciones de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. Disponible en la web:

<http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Objetivos.aspx>

20. Coronado, G. (2018). Influencia de las estrategias de diseño pasivo en la reducción del consumo energético. Disponible en la web:

https://issuu.com/gabrielacoronadoh/docs/tfm_-_gabriela_coronado

21. The green studio. (2017). ¿Que es diseño pasivo? Disponible en la web:

<http://www.thegreenstudio.es/que-es-diseno-pasivo/arquitectura-sostenible/>

22. Herrera Sosa, L. C. (2014). Eficiencia de estrategias de enfriamiento pasivo en clima cálido seco. Revista de Arquitectura, 16, 86-95. Disponible en la web:

<https://revistadearquitectura.ucatolica.edu.co/article/view/61/138>

23. UMNG. (2021). Tipos de luminiscencia. Disponible en la web:

http://virtual.umng.edu.co/distancia/ecosistema/ovas/ingenieria_industrial/disenio_de_sist

emas_de_produccion/unidad_10/medios/documentacion/p6.php

24. UNGRD. (s.f.). Fondo Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. Disponible en la web:

<http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Fondo-Nacional-de-Calamidades.aspx>

25. Decreto 919. (1989). Por el cual se organiza el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres y se dictan otras disposiciones. Disponible en la web:

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=13549>

26. UNGRD. (2014). Marco legal del sistema nacional para la atención y prevención de desastres. Disponible en la web:

<http://www.gestiondelriesgo.gov.co/snigrd/pagina.aspx?id=13>

27. CONPES. (2001). Estrategia para consolidar la ejecución del plan nacional para la prevención y atención de desastres – pnpad - en el corto y mediano plazo. Disponible en la web:

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3146.pdf>

28. RCN Radio. (2021). Desplazados por combates en Arauca ya están llegando a Saravena: gerente de Fronteras. Disponible en la web:

<https://www.rcnradio.com/colombia/llanos/desplazados-por-combates-en-arauca-ya-estan-llegando-saravena-gerente-de-fronteras>

29. Semana. (2021). A 600 llega el número de desplazados por enfrentamientos en la frontera con

- Venezuela. Disponible en la web: <https://www.semana.com/nacion/articulo/a-600-llega-el-numero-de-desplazados-por-enfrentamientos-en-la-frontera-con-venezuela/202110/>
30. SunEarthTools. (s.f.) Posición solar. Disponible en la web: <https://www.sunearthtools.com/>
31. Resolución 549. (2015). Anexo No. 1, Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones. Disponible en la web:
<https://www.57uno.com/project/resolucion-549-de-2015>
32. Hockemeyer, T. y Rogers, O. (2010) EE.UU. Patente N°. 7.698,860 B2. Michigan, Clare. Stageright Corp. Disponible en la web:
<https://patentimages.storage.googleapis.com/7a/c4/6a/c84056505294fc/US7698860.pdf>
33. Sáez, P. (2017) EE.UU. Patente N°. 9,551,143 B2. Urbana de exteriores SL. Disponible en la web:
<https://patentimages.storage.googleapis.com/b4/ed/c1/64f99d54e4122f/US9551143.pdf>
34. Checa, D. (2015) España. Patente N°. WO2015114173. Valencia. Arnao, V. Disponible en la web:
<https://patentimages.storage.googleapis.com/40/7c/ab/b51e4f719e4f11/WO2015114173A1.pdf>
35. Ros, G., Camacho, J., Casillas, G. y Iglesias, C. (2016) España. Patente N°. 9,388,564B2.

- Madrid. Airbus Defence and Space SA. Disponible en la web:
<https://patentimages.storage.googleapis.com/97/58/c9/7c3f988a3dc6ce/US9388564.pdf>
36. Gordillo, F. (2006) Hábitat transitorio. Vivienda para emergencias por desastres en Colombia. Primera Edición. Colección Punto Arte, Facultad de Artes, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Disponible en la web:
https://books.google.com.co/books?id=_8Rli_aRavAC&printsec=frontcover&dq=inauthor:%22Fernando+Gordillo+Bedoya%22&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
37. Lara, D. y Ramírez, J. (2018). Prototipo de albergue temporal en situación de emergencia en Bogotá, Universidad La Gran Colombia, Facultad de arquitectura, Bogotá, Disponible en la web:
<https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/3180/PROTOTIPO%20DE%20ALBERGUE%20TEMPORAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
38. Uribe, M. Escobar, D. y Jiménez, J. (2020). Modelo de vivienda temporal, una solución post emergencia. Universidad Colegio Mayor de Antioquia, Facultad de arquitectura, Antioquia, Disponible en la web:
https://issuu.com/cartillasinvestigacion/docs/modelo_de_vivienda_temporal_-_una_soluci_n_post_em
39. Molina, E. (2014). Orígenes de la vivienda mínima en la modernidad parámetros de calidad para la vivienda en las ponencias de los C.I.A.M 1929-1930. Facultad de Artes, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Disponible en la web:

<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/21808>

40. Universidad del Valle (2019). Casa Camaleón Disponible en la web:

<http://ingenieriainforma.blogspot.com/2019/12/casa-camaleon-la-apuesta-de-univalle-en.html>